

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2014/2015**

**Avaliação de Custos e Benefícios do Controlo de Perdas Reais em Sistemas  
Públicos de Abastecimento de Água**

Aplicação a uma zona de distribuição do sistema de Vila Nova de Gaia

Ana Francisca Taveira de Vasconcelos Pinto de Gouveia

Dissertação submetida para obtenção de grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**Presidente do Júri:** Cidália Maria de Sousa Botelho

(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Química)

---

**Orientador Académico:** Joaquim Manuel Veloso Poças Martins

(Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

**Supervisor na Empresa:** Filipe Pires de Lima

(Engenheiro Responsável da Direção de Água de Abastecimento da Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, S.A.)

**Porto, Junho de 2015**



## **Agradecimentos**

Aos meus pais, Ana Paula e António Roberto, pois sem o seu apoio incondicional, conselhos e dedicação, não teria chegado até aqui.

Aos meus irmãos, Roberto e Carolina, e namorado, Mário, pelo encorajamento, carinho e momentos de descontração.

À minha Avó Conceição, minha madrinha, por me ter ajudado nos momentos menos fáceis e por todos os conselhos.

À minha Avó Alice, que embora já não esteja presente, sei que estaria orgulhosa. Obrigada por me ter incentivado a seguir sempre os meus sonhos.

Ao Professor Doutor Joaquim Manuel Veloso Poças Martins, a quem devo um especial agradecimento pela motivação e conhecimento prestados, e ao Engenheiro Silva Martins por me terem dado a oportunidade de desenvolver esta dissertação na Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA.

Ao Engenheiro Filipe Pires de Lima pelo esclarecimento de dúvidas, enquanto orientador na empresa, e pelos conselhos pessoais e profissionais.

Ao Engenheiro José António Martins, pela preocupação e disponibilidade demonstrada.

Ao Doutor José Cláudio pela grande paciência, transmissão de informação e de conhecimentos informáticos.

À Catarina Alves, minha colega de estágio, pela entreaajuda e companheirismo ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

Ao Jorge Silva, ao Paulo Oliveira, ao João Gomes e ao Flávio Oliveira, por terem permitido que a minha integração na empresa fosse tão fácil e pelo apoio prestado.

Por fim, e não menos importante, aos meus grandes amigos de faculdade Ana Gouveia, Rita Neto Sílvia Barbosa, Inês Craveiro, Marta Barbosa, João Vaz e João Martins, que sempre estiveram a meu lado ao longo destes 5 anos de curso, facilitando esta jornada e permitindo momentos de grande felicidade.



## Resumo

A presente dissertação tem como principal objetivo a avaliação de custos e benefícios do controlo de perdas reais em sistemas públicos de abastecimento de água. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi escolhida uma zona de distribuição do sistema de abastecimento de Vila Nova de Gaia, que se encontra dividida em duas Zonas de Monitorização e Controlo (ZMC).

Ambas as ZMC possuem consumidores maioritariamente domésticos e são caracterizadas como zonas mistas. A extensão total da rede é de cerca de 76 km, representando cerca de 5% da rede de distribuição de Vila Nova de Gaia.

Para quantificar e caracterizar as perdas de água existentes em cada ZMC foi utilizado o método do Balanço Hídrico. Através dos dados dos três primeiros meses de 2015, concluiu-se que uma possuía cerca de 41 % de ANF e 32% de perdas reais e a outra 12 % de ANF e 6 % de perdas reais.

Com a análise do perfil de consumo dos clientes, concluiu-se que ocorreu uma diminuição média do volume na rede de 13,9 m<sup>3</sup>/h entre o ano de 2014 e 2015, fruto da realização de um controlo ativo de perdas. Esta medida adotada por parte da empresa, trouxe benefícios de cerca de 126 €/dia.

Analizando detalhadamente as roturas detetadas ao longo dos primeiros três meses do ano de 2015, verificou-se que o custo total de água perdida foi de cerca de 443 € e o tempo de retorno do investimento realizado para a reparação das avarias foi de cerca de 4 dias.

Tendo em consideração a densidade de ramais e a frequência de roturas registadas, foram escolhidos quatro locais que poderão ser mais susceptíveis à ocorrência de perdas reais. Concluiu-se que as medidas de redução de perdas reais a serem tomadas, são o controlo ativo de perdas e a rapidez e qualidade das reparações.

Após a realização deste trabalho, comprova-se a importância de uma correta quantificação de perdas de água e a vantagem que existe na realização do controlo ativo de perdas e na rapidez e qualidade da reparação de avarias, especialmente naquelas que afloram à superfície. Quanto menos perdas reais existirem ao longo de um SAA, mais eficientes são as entidades gestoras e mais satisfeitos se encontram os seus clientes.

**PALAVRAS CHAVE:** Sistema de abastecimento de água, perdas de água, perdas reais, água não faturada, análise de custos e benefícios, monitorização e controlo de perdas, zonas de monitorização e controlo, balanço hídrico, indicadores de desempenho, caudal mínimo noturno.



## Abstract

The aim of this thesis is the cost-benefit evaluation of the real losses control in water supplies of public systems. An area of Vila Nova de Gaia's supply system, which is currently divided into two District Monitoring Areas (DMA), was chosen for the development of this work.

Both DMA have mainly domestic consumers and are often characterized as mixed areas. The network extension is about 76 km, representing about 5% of the Vila Nova de Gaia's distribution network.

To quantify the existing water losses in each DMA one method was used, which is the Water Balance. With the analysis of the data referring to the first quarter of 2015, it was possible to concluded that one DMA has about 41% of Non-Revenue Water (NRW) and 32% of real losses and the other 12% of NRW and 6% of real losses

Analysing the clients' consuming profile, it was concluded that there was a medium decrease of 13,9 m<sup>3</sup>/h of the network volume between 2014 and 2015, due to the realization of an active control of losses. This measure taken by the company profited about 126 €/day.

Given to a detailed analysis of the bursts detected over the first quarter of the year 2015, it was verified that the total cost of water loss was about 443 € and that it took 4 days to reimbursement the investment in repairing the malfunctions.

Considering the extensions' density and the frequency of the registered bursts, four locations where are more likely to occur real losses were chosen. It was concluded that the measures for the reduction of the real losses to be taken are the active control of losses and the speed and quality of the repairs.

After the realization of this thesis, it is proved the importance of a correct quantification of water losses and the advantage there is in the implementation of active control of losses and the speed and quality of the repairs of bursts. The less real losses exist in a water supply system, more efficient are the management entities and more satisfied are their clients.

**KEYWORDS:** Water supply system, water losses, real losses, non-revenue water, cost-benefit analysis, monitoring and control of losses, district monitoring areas, water balance, performance indicators, night flows.





## Índice Geral

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>i</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>v</b>
<b>Índice Geral.....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de Tabelas .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Gráficos.....</b>	<b>xv</b>
<b>Símbolos.....</b>	<b>xvii</b>
<b>Abreviaturas.....</b>	<b>xix</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	1
1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	2
<b>2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
2.1 O ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	3
2.1.1 Constituição Do Sistema De Abastecimento De Água .....	4
2.1.2 Modelos De Gestão.....	7
2.1.3 Sistema Em Alta E Sistema Em Baixa .....	8
2.1.4 Principais Progressos E Problemas No Setor .....	9
2.1.5 Prespectivas Futuras No Setor .....	12
2.2 PERDAS DE ÁGUA.....	13
2.2.1 Balanço Hídrico .....	14
2.2.2 Indicadores De Desempenho .....	16
2.2.3 Água Não Faturada .....	18
2.2.4 Perdas Reais .....	19
<b>2.2.4.1 Fatores que afetam as perdas reais .....</b>	<b>20</b>
2.2.5 Sistema De Telemetria E Sistema De Telegestão.....	22
2.2.6 Controlo De Perdas .....	23
2.2.6.1 Quantificação das perdas.....	23

2.2.6.2	Deteção de fugas e roturas.....	24
2.2.6.3	Nível Económico de Perdas.....	27
2.2.6.4	Iniciativas para o combate às perdas reais .....	28
2.2.6.4.1	Controlo da pressão.....	29
2.2.6.4.2	Gestão dos ativos da rede.....	31
2.2.7	Monitorização E Setorização Da Rede .....	32
2.2.7.1	Zonas de Monitorização e Controlo.....	33
2.2.7.2	Sistema de Informação Geográfica (SIG) .....	35
2.2.7.3	Sistema de Informação de Gestão de Clientes (SIGC) .....	35
2.2.7.4	Modelo Digital do Terreno (MDT).....	35
2.2.7.5	Modelo hidráulico do sistema .....	36
2.3	CONCLUSÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	36
<b>3</b>	<b>ÂMBITO E OBJETIVOS .....</b>	<b>37</b>
3.1	Âmbito.....	37
3.2	Objetivos .....	37
<b>4</b>	<b>ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA .....</b>	<b>39</b>
4.1	O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE VILA NOVA DE GAIA .....	39
4.2	AS PERDAS DE ÁGUA NA ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA .....	41
4.2.1	Perdas reais na Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, S.A. ....	42
4.2.2	Balanço Hídrico de 2014 .....	43
4.2.3	SIG na Águas e Parque Biológico de Gaia .....	44
4.2.4	O Sistema de Telegestão na Águas e Parque Biológico de Gaia .....	44
<b>5</b>	<b>TRABALHO DESENVOLVIDO .....</b>	<b>47</b>
5.1	DESCRIÇÃO DA ZONA .....	48
5.2	BALANÇO HÍDRICO DAS ZMC .....	52
5.2.1	Metodologia adotada para a determinação dos BH.....	55
5.2.2	Principais dificuldades na determinação dos BH .....	59
5.2.3	Indicadores de Desempenho (ID) .....	59

5.3 ANÁLISE DO CONSUMO MÍNIMO NOTURNO .....	61
5.3.1 Análise do perfil de consumo de água em 2014 e 2013 .....	61
5.3.2 Análise do perfil de consumo de água em 2015 .....	62
5.3.3 Comparação do perfil de consumo de água do ano de 2014 e 2015 .....	62
5.3.4 Quantificação das perdas.....	63
5.4 ROTURAS DETETADAS .....	64
5.4.1 Análise do custo e benefício da reparação das roturas .....	66
5.4.2 Detecção de uma rotura (simulação) .....	68
5.5 CONTROLO DE PERDAS REAIS .....	70
5.5.1 A altimetria da zona e a pressão.....	70
5.5.2 Estudo de zonas mais suscetíveis à ocorrência de perdas reais .....	73
5.5.3 Apresentação de soluções para a redução de perdas reais .....	74
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>75</b>
6.1 Conclusões .....	75
6.2 Recomendações para trabalhos futuros .....	76
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>



## Índice de Figuras

<b>Figura 2. 1-</b> Partes constituintes do sistema de abastecimento de água.....	4
<b>Figura 2. 2-</b> Esquema de uma adução mista (Marques & Sousa, 2011) .....	5
<b>Figura 2. 3-</b> Tipos de reservatórios (Marques & Sousa, 2011) .....	5
<b>Figura 2. 4-</b> Tipos de rede de distribuição (Marques & Sousa, 2011) .....	6
<b>Figura 2. 5-</b> Alimentação direta com elemento sobrepessor (Baptista F. , 2011).....	7
<b>Figura 2. 6-</b> Alimentação indireta com cisterna na base e com elemento elevatório (Baptista F. , 2011).....	7
<b>Figura 2. 7-</b> Distribuição geográfica das entidades de AA em alta e em baixa (Energia, 2014) .....	9
<b>Figura 2. 8-</b> Evolução do nível de cobertura do serviço de AA em Portugal de 1994 a 2011 (Apambiente, 2014) .....	10
<b>Figura 2. 9-</b> Evolução da percentagem de água controlada e de boa qualidade entre 1993 e 2011 (Apambiente, 2014) .....	10
<b>Figura 2. 10-</b> Perdas reais de água nos serviços em alta e nos serviços em baixa (Apambiente, 2014) .....	11
<b>Figura 2. 11-</b> Modelo do BH proposto pelo IWA (Alegre, Coelho, Almeida, & Vieira, 2005) .....	15
<b>Figura 2. 12-</b> Redução da água não faturada (Martins, 2014).....	18
<b>Figura 2. 13-</b> Tipos de roturas e fugas (Adaptado de Vicentini, 2012).....	19
<b>Figura 2. 14-</b> Ciclo de vida de uma fuga (Sardinha, et al., 2015) .....	20
<b>Figura 2. 15-</b> Esquema de funcionamento de um Sistema de Telemetria (Álvares, Loureiro, & Coelho, 2007) .....	22
<b>Figura 2. 16-</b> Análise do comportamento dos caudais (Sardinha, et al., 2015) .....	24
<b>Figura 2. 17-</b> Vareta de escuta .....	26
<b>Figura 2. 18-</b> Geofone (Sardinha, et al., 2015) .....	26
<b>Figura 2. 19-</b> Logger acústico e patrulhamento de loggers acústicos (Sardinha, et al., 2015).....	26
<b>Figura 2. 20-</b> Correlador acústico (Sardinha, et al., 2015).....	26
<b>Figura 2. 21-</b> Nível económico de perdas reais (Alegre, Coelho, Almeida, & Vieira, 2005).....	27
<b>Figura 2. 22-</b> Vertentes principais da redução das perdas reais (Sardinha, et al., 2015) .....	28
<b>Figura 2. 23-</b> Válvula redutora de pressão .....	30
<b>Figura 2. 24-</b> Tipos de VRP: da esquerda para a direita, VRP controlada por mola, VRP controlada por pistão e VRP controlada por diafragma (Ramos, Covas, & Araujo) .....	30
<b>Figura 2. 25-</b> Corrosão de uma conduta de aço com 30 anos de vida útil .....	32
<b>Figura 2. 26-</b> Sistema de medição zonada, com 3 zonas principais, estando a ZMC 2 subdividida em 2 subzonas (Alegre, Coelho, Almeida, & Vieira, 2005) .....	33
<b>Figura 2. 27-</b> Extensão média de rede por ZMC (LNEC, 2015).....	34
<b>Figura 2. 28-</b> N <sup>o</sup> médio de clientes por ZMC (LNEC, 2015).....	34
<b>Figura 2. 29-</b> N <sup>o</sup> médio de ramais por ZMC (LNEC, 2015) .....	35

<b>Figura 4. 1-</b> Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA (Águas e Parque Biológico de Gaia, 2015).....	39
<b>Figura 4. 2-</b> Mapa do Plano de distribuição de água no concelho de Vila Nova de Gaia (Águas e Parque Biológico de Gaia, 2015).....	40
<b>Figura 4. 3-</b> Balanço Hídrico de 2014 da Águas e Parque Biológico de Gaia (Águas e Parque Biológico de Gaia, 2014).....	43
<b>Figura 4. 4-</b> Centro de controlo telegestão Águas e Parque Biológico de Gaia, EM (Águas e Parque Biológico de Gaia, 2015).....	44
<b>Figura 5. 1-</b> Metodologia adotada na execução do trabalho .....	47
<b>Figura 5. 2 -</b> Identificação das ZMC's, VRP e Reservatório R3 na ZMC em estudo .....	49
<b>Figura 5. 3 -</b> Tubagens da ZMC.....	50
<b>Figura 5. 4-</b> Hidrantes .....	50
<b>Figura 5. 5 -</b> Instalações .....	51
<b>Figura 5. 6-</b> Válvulas de descarga e válvulas de seccionamento .....	51
<b>Figura 5. 7-</b> Balanço Hídrico da ZMC 1 em Janeiro (cor azul), em Fevereiro (cor verde) e em Março (cor laranja) de 2015 .....	52
<b>Figura 5. 8-</b> Balanço Hídrico da ZMC 2 em Janeiro (cor azul), em Fevereiro (cor verde) e em Março (cor laranja) de 2015 .....	53
<b>Figura 5. 9 -</b> Balanço Hídrico da ZMC 2 em 2015 .....	54
<b>Figura 5. 10 -</b> Georreferenciação das roturas através do Google earth.....	65
<b>Figura 5. 11 -</b> Identificação da zona com maior densidade de instalações .....	65
<b>Figura 5. 12 –</b> Saída de água à superfície .....	68
<b>Figura 5. 13 –</b> Sensor A (azul) e B (vermelho) na deteção da fuga com o correlador acústico.....	68
<b>Figura 5. 14 -</b> Unidade recetora do correlador acústico.....	69
<b>Figura 5. 15 -</b> Odómetro .....	69
<b>Figura 5. 16 -</b> Curvas de nível da zona abastecida pelo reservatório R3 .....	70
<b>Figura 5. 17 -</b> Traçado da rede no EPANET.....	71
<b>Figura 5. 18-</b> Zona com cotas elevadas na ZMC 1 .....	72
<b>Figura 5. 19-</b> Zona com cotas baixas na ZMC 1 .....	73
<b>Figura 5. 20 -</b> Zonas mais suscetíveis de ocorrência de perdas reais.....	74
<b>Figura 6. 1-</b> Procura do nível-base de perdas (Alegre, Coelho, Almeida &Vieira, 2005).....	76

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 2. 1-</b> Modelos de Gestão em Sistemas de Titularidade Estatal (ERSAR, 2015) .....	8
<b>Tabela 2. 2-</b> Modelos de Gestão em Sistemas de Titularidade Municipal (ERSAR, 2015) .....	8
<b>Tabela 2. 3-</b> Objetivos da reestruturação do setor das águas (Apambiente, 2014) .....	12
<b>Tabela 2. 4-</b> Medidas para a redução da ANF (Martins, 2014).....	18
<b>Tabela 2. 5-</b> Equipamentos utilizados no CAP .....	25
<b>Tabela 2. 6-</b> Valores recomendados para o expoente n.....	29
<b>Tabela 4. 1-</b> Perfil da entidade gestora Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A.....	40
<b>Tabela 4. 2-</b> Perfil do SAA da Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A.....	40
<b>Tabela 5. 1-</b> Tipos de consumidores .....	48
<b>Tabela 5. 2-</b> Caraterísticas das ZMC's .....	48
<b>Tabela 5. 3-</b> Exemplo de cálculo dos erros de medição: Agrupamento das instalações consoante a última leitura .....	57
<b>Tabela 5. 4 -</b> Indicadores de Desempenho da ZMC 1 .....	59
<b>Tabela 5. 5 -</b> Indicadores de Desempenho da ZMC 2.....	60
<b>Tabela 5. 6-</b> Roturas detetadas e reparadas em 2015 .....	64
<b>Tabela 5. 7-</b> Análise do custo da reparação das roturas de 2015 .....	66
<b>Tabela 5. 8-</b> Análise do benefício da reparação das roturas.....	67





## Índice de Gráficos

<b>Gráfico 4. 1-</b> Evolução da ANF e da AF na Águas e Parque Biológico de Gaia, ao longo dos últimos 5 anos .....	41
<b>Gráfico 4. 2-</b> Evolução da ANF e dos seus componentes, ao longo dos últimos 5 anos na Águas e Parque Biológico de Gaia .....	41
<b>Gráfico 4. 3-</b> Evolução das perdas reais e dos seus componentes ao longo dos últimos 5 anos, na Águas e Parque Biológico de Gaia .....	42
<b>Gráfico 5. 1-</b> Consumo de água habitual ao longo de uma semana .....	61
<b>Gráfico 5. 2 -</b> Comparação do volume de água na rede ao longo de um dia entre as duas ZMC em 2015 ....	62
<b>Gráfico 5. 3-</b> Comparação do volume de água na rede ao longo de um dia entre o ano de 2014 e de 2015...	63
<b>Gráfico 5. 4-</b> Volume de água perdida em cada rotura .....	66



## Símbolos

$Q_{\text{orifício}}$  – Caudal libertado pelo orifício;

$C_D$  – Coeficiente de vazão;

$A$  – Área da secção do orifício;

$P$  – Pressão a que o fluido está submetida;

$g$  – Aceleração gravítica;

$Q_{\text{final}}$  – Caudal de perdas após redução da pressão;

$Q_{\text{inicial}}$  – Caudal de perdas antes da redução de pressão;

$P_{\text{final}}$  – Pressão final após redução;

$P_{\text{inicial}}$  – Pressão inicial anterior à redução;

$n$  – Expoente que pode variar consoante o material, tipo de fuga e qual a fuga predominante;

$Q_{\text{GCI}}$  - Caudal consumido pelos grandes consumidores e indústria

$Q_C$  – Caudal dos consumidores;

$Q_{\text{perdas}}$  – Caudal das perdas;

$Q_{\text{CANF}}$  – Caudal consumido autorizado não faturado;

$d$ - distância da fuga ao sensor A do correlador acústico;

$L$ - distância entre sensores do correlador acústico;

$v$ - velocidade de propagação do ruído no material e diâmetro da conduta;

$\Delta t$ - atraso na receção de ruído entre os sensores do correlador acústico.



## Abreviaturas

AA – Abastecimento de água;

AdP – Águas de Portugal;

AES – Água entrada no sistema;

AF – Água faturada;

ANF – Água não faturada;

BH – Balanço Hídrico;

CAF – Consumo autorizado faturado;

CAP – Controlo ativo de perdas;

CANF – Consumo autorizado não faturado;

CMN – Caudal mínimo noturno;

CNFM – Consumo não faturado medido;

CNFMN – Consumo não faturado não medido;

DQA – Diretiva Quadro Água;

EG – Entidade gestora;

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Resíduos;

FFD – Ferro fundido dúctil;

ID – Indicador(es) de desempenho;

IWA – *International Water Association*;

MDT – Modelo digital do terreno;

NEP – Nível económico de perdas;

NEPr – Nível económico de perdas reais;

PEAASAR I e II – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais I e II;

PGBH – Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas;

POSEUR – Programa Operacional da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos;

PRM – Perdas reais mínimas;

PVC – Policloreto de Vinilo;

RGSPDADAR – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais;

SAA – Sistema(s) de abastecimento de água;

SIG – Sistema de informação de gestão de clientes;

VRP – Válvula redutora de pressão;

ZMC – Zona de Medição/Monitorização e Controlo.

# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

É cada vez mais urgente utilizar a água de forma sustentável, dada a sua importância para a vida e para o desenvolvimento socioeconómico das populações. Um dos principais problemas relacionados com a utilização dos recursos hídricos, ao lado de outras questões como a poluição, é o desperdício. Normalmente associa-se grande parte desta problemática à população, sobretudo no uso residencial. Contudo, existem outras formas mais graves de desperdício de água, nomeadamente nas atividades económicas e nos sistemas de abastecimento.

Ao ocorrerem perdas de água ao longo dos sistemas de abastecimento, não existe uma faturação devida por parte das entidades gestoras, comprometendo assim a sua sustentabilidade económica e financeira. Desta forma, torna-se evidente a necessidade da implementação de medidas de redução de perdas de água, que por sua vez permitem um aumento da faturação, podendo vir a ser suficiente para cobrir os investimentos realizados, sem ser necessário aumentar as tarifas aos consumidores.

No entanto, não se deve promover a redução de perdas de uma forma generalizada sem que seja precedida de uma análise prévia. A escassez de recursos hídricos, o crescimento demográfico associado a graus elevados de utilização da capacidade instalada e custos energéticos elevados da exploração são fatores prioritários a ter em conta pela EG nos investimentos com vista à redução de perdas, de modo a que os custos não ultrapassem os benefícios totais, incluindo os de cariz ambiental.

As perdas de água dividem-se em perdas aparentes e perdas reais. As primeiras, devem-se a consumos ilícitos e/ou erros de medição, enquanto que as perdas reais se devem a falhas nas infraestruturas das redes de abastecimento, nomeadamente, fugas e roturas.

O controlo de perdas reais consiste essencialmente na implementação e monitorização de Zonas de Monitorização e Controlo (ZMC), numa correta gestão da pressão da rede, numa rápida reparação de fugas e roturas, na substituição de condutas envelhecidas e corroídas, na reparação e impermeabilização das superfícies dos reservatórios e evitando extravasamentos nos mesmos.

Pretende-se com esta dissertação avaliar os custos e os benefícios das perdas reais num sistema público de abastecimento de água. Desta forma, procedeu-se ao estudo de uma zona de distribuição de Vila Nova de Gaia, inserida no sistema de abastecimento da entidade gestora Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, S.A., dividida em duas ZMC que são abastecidas pelo mesmo reservatório de água. Foi necessário quantificar as perdas de água existentes em cada ZMC, analisar o perfil de consumo dos consumidores e o consumo mínimo noturno, foram analisadas detalhadamente as roturas localizadas e reparadas nos três primeiros meses de 2015, foi feito um estudo da altimetria da zona e um estudo das zonas mais suscetíveis à ocorrência de perdas reais, sendo posteriormente apresentadas medidas de redução de perdas a aplicar neste caso de estudo.

## **1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Para a melhor compreensão do que a presente dissertação aborda apresenta-se de seguida uma explicação geral de cada capítulo:

### **Capítulo 1**

É feita uma descrição geral da problemática das perdas de água e é apresentado o objetivo geral desta dissertação.

### **Capítulo 2**

Neste capítulo é apresentada a pesquisa bibliográfica realizada. É feita uma descrição do sistema de abastecimento de água, são abordados os modelos de gestão existentes, é feita a distinção entre sistemas em alta e em baixa, são apresentados os principais progressos, problemas e perspetivas futuras do setor. Procedese ainda à definição de perdas de água, bem como de perdas aparentes e reais, dando-se especial importância às perdas reais de água, tema principal desta dissertação. Apresenta-se a explicação do Balanço Hídrico, bem como os principais indicadores de desempenho a considerar e são apresentadas ainda as possíveis medidas a serem implementadas para a redução da água não faturada. É explicada a importância de um sistema de telemetria e de telegestão e refere-se com pormenor os métodos de controlo de perdas reais e tudo o que lhe está associado. Dá-se ainda a definição de Zonas de Monitorização e Controlo, bem como os principais critérios para o seu dimensionamento e caracterização.

### **Capítulo 3**

É apresentado o âmbito e os objetivos específicos desta dissertação.

### **Capítulo 4**

É apresentada a empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA, e encontra-se descrito o seu sistema de abastecimento de água. Além disto, é também apresentada a evolução da ANF ao longo dos últimos anos, bem como das perdas reais. Apresenta-se ainda o balanço hídrico de 2014 da empresa e é descrito o seu sistema de informação geográfica, bem como o seu sistema de telegestão.

### **Capítulo 5**

É neste capítulo que é descrita a zona em estudo e são apresentados os Balanços Hídricos das duas ZMC's. É ainda analisado o consumo mínimo noturno, é feito um estudo da altimetria da zona e um estudo das zonas mais suscetíveis à ocorrência de perdas reais. Neste capítulo, são ainda analisadas as roturas detetadas e reparadas ao longo dos três primeiros meses do ano de 2015, bem como a exemplificação da deteção de uma rotura através de um correlador acústico.

### **Capítulo 6**

Neste último capítulo encontram-se as conclusões desta dissertação e são sugeridas recomendações para trabalhos futuros.



## 2

# PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A água é um recurso hídrico que deve ser utilizado para benefício do Homem sem comprometer as necessidades dos ecossistemas e a continuidade hídrica dos cursos de água. Durante milénios o Homem considerava este recurso natural inesgotável, pelo que a água foi utilizada durante bastante tempo de forma desregrada. Apenas nas últimas décadas é que se caiu na dura realidade que a água para consumo humano encontra-se cada vez mais escassa (Marques, et al., 2011).

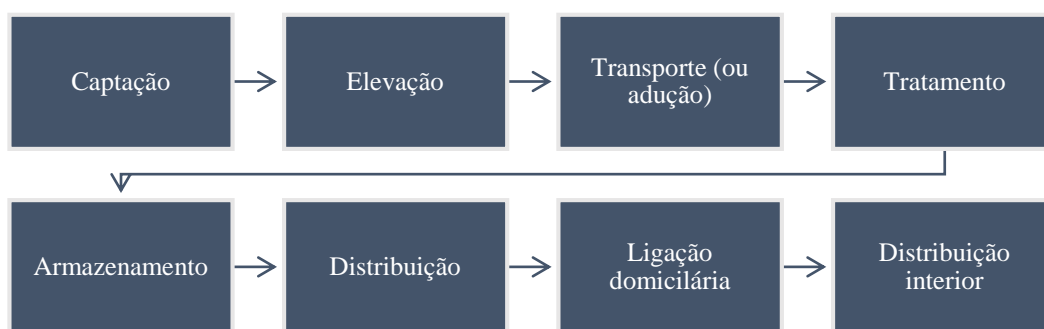
Atualmente, existe uma crise na gestão da água, pelo que é necessário implementar medidas para a racionalização deste recurso. Sendo os sistemas de abastecimento de água (SAA) essenciais para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial, entre outros, uma boa gestão dos serviços de abastecimento contribui para a coesão social, para o desenvolvimento sustentável e para o desenvolvimento económico das populações servidas. Desta forma, deve-se obedecer a um conjunto de princípios, tais como:

- **Universalidade de acesso:** os serviços de abastecimento de água devem beneficiar toda a população, através da acessibilidade às redes de abastecimento de água. Contudo é necessário ter em conta que em regiões com menor densidade populacional, torna-se viável adotar sistemas individuais de abastecimento de água (Baptista, 2014);
- **Continuidade e qualidade do serviço:** estes serviços devem estar permanentemente disponíveis para garantir o nível adequado de conforto aos utilizadores, um funcionamento mais correto dos sistemas e maior proteção da saúde pública e do ambiente. Devem ainda ser prestados com qualidade, assegurando que os utilizadores dispõem de serviços sustentáveis (Baptista, 2014);
- **Eficiência:** os serviços de abastecimento de água devem ser eficientes em termos estruturais e operacionais, isto é, devem ter uma dimensão e uma combinação de prestação de serviços adequada, assegurar todo o processo de produção e utilizar de modo otimizado os recursos disponíveis (Baptista, 2014);
- **Equidade de preços:** estes serviços implicam custos elevados que devem ser recuperados através de receitas, podendo optar-se pela cobrança de tarifas, recurso aos impostos ou ainda transferências do exterior (fundos de apoio ao desenvolvimento, por exemplo). Assim, deve-se assegurar que a estrutura tarifária seja a mais adequada, sobretudo face aos consumidores, aos comportamentos ambientais de cada utilizador e à sua capacidade económica (Baptista, 2014).

### 2.1.1 CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um SAA pode considerar-se constituído por um conjunto de partes, às quais lhes correspondem órgãos com um objetivo/função, constituídos por obras de construção civil, equipamentos elétricos e eletromecânicos, acessórios, instrumentação e equipamentos de automação e controlo (Sousa, 2011).

Na Figura 2.1 encontram-se as partes constituintes do sistema de abastecimento de água.



**Figura 2. 1-** Partes constituintes do sistema de abastecimento de água

#### ▪ Captação de água

A captação de água é realizada por obras com a função de extrair água bruta nas origens superficiais ou subterrâneas, tendo em conta as disponibilidades e as necessidades de abastecimento. (Sousa, 2011) A água subterrânea encontra-se infiltrada no subsolo e pode ser captada por furos e poços até ao nível freático, por bombagem onde exista água acumulada, por nascentes ou por galerias drenantes. A água de superfície é captada nos rios, canais, ribeiras, lagoas, bacias de retenção e albufeiras. Normalmente a escolha da origem de captação é realizada tendo em conta a qualidade da água no meio natural e o caudal de captação possível (Marques, et al., 2011). Segundo o RASARP 2014, as origens de água superficial são as mais utilizadas em Portugal para a produção de água destinada ao consumo humano.

#### ▪ Elevação

A elevação tem como órgãos as estações elevatórias e supressoras, que por sua vez têm como objetivo bombear a água entre um ponto de cota mais baixa e um ou mais pontos de cota mais elevada (Sousa, 2011).

#### ▪ Transporte ou adução

O transporte ou adução pode ser realizado por adutores, aquedutos e/ou canais. Estes órgãos estão destinados a transportar a água desde a sua captação até aos reservatórios de armazenamento para posterior distribuição. O escoamento pode efetuar-se em pressão (gravidade e bombagem) ou com superfície livre (aquedutos e canais) (Sousa, 2011).

Na Figura 2.2 pode-se observar um sistema de adução mista, isto é, uma adução por bombeamento até ao reservatório 1 (R1) e uma adução por gravidade de R1 até ao reservatório 2 (R2).

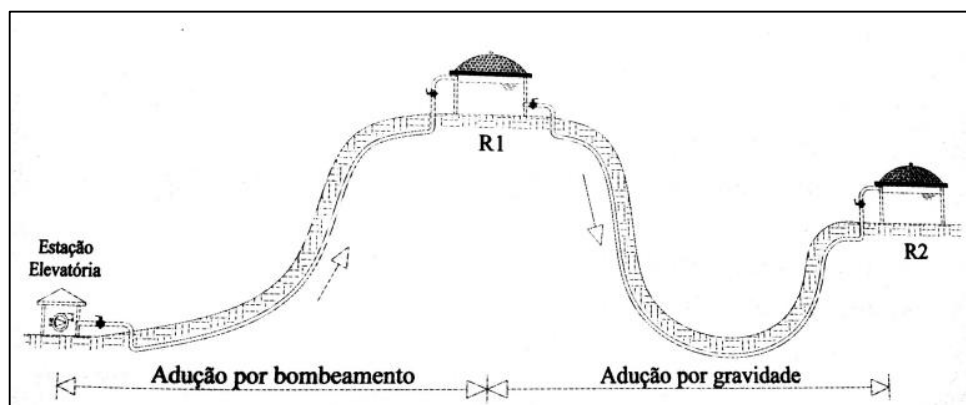


Figura 2. 2- Esquema de uma adução mista (Marques, et al., 2011)

### ▪ Tratamento

O tratamento da água captada é realizada nas estações de tratamento de água (ETA). Este processo é tanto mais complexo quanto pior for a qualidade da água na origem. A sua forma mais simples passa apenas pela desinfecção. O regime da qualidade da água destinada ao consumo humano é estabelecido pelo Decreto Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, o qual procede à revisão do Decreto Lei n.º 243/2001, de 5 de setembro (Sousa, 2011).

### ▪ Armazenamento

O armazenamento da água é feito em reservatórios. Estes possuem vários objetivos/funções, tais como: servir de volante de regularização de transporte, compensando as flutuações de consumo face à adução, constituir reservas de emergência, equilibrar as pressões na rede de distribuição e regularizar o funcionamento das bombagens (Sousa, 2011). Relativamente à sua localização, os reservatórios devem situar-se o mais próximo possível do centro de gravidade dos locais de consumo, a uma cota que garanta as pressões mínimas exigidas em toda a rede (Oliveira, 2013).

Quanto à sua implantação, os reservatórios podem ser enterrados, semienterrados, apoiados ou elevados (Figura 2.3). Quando a laje de fundo dos reservatórios assenta diretamente no terreno diz-se que os reservatórios são do tipo térreo (enterrados, semienterrados e apoiados) e quando a laje de fundo se encontra acima do solo, apoiada numa estrutura de suporte, diz-se que são do tipo elevado ou em torre. Sempre que possível, deve optar-se por reservatórios do tipo térreo, pois apresentam as seguintes vantagens em relação aos do tipo elevado: custo de construção muito inferior para a mesma capacidade, menores perturbações de nível paisagístico, maiores facilidades de inspeção e exploração, maior proteção térmica e possibilidade de faseamento da execução e de ampliações a longo prazo (Marques, et al., 2011).

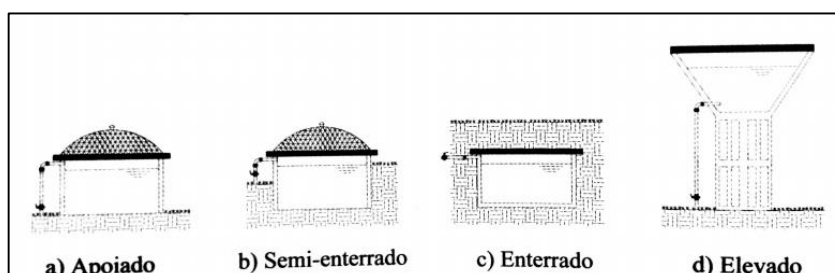
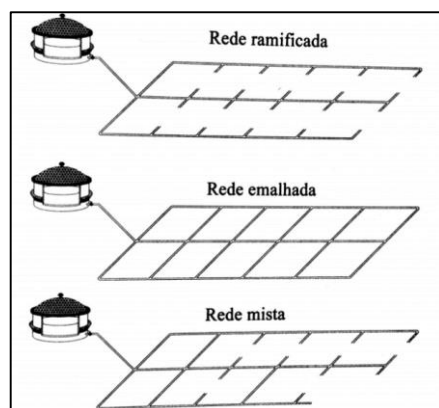


Figura 2. 3- Tipos de reservatórios (Marques, et al., 2011)

## ▪ Distribuição

A distribuição é feita pela rede geral pública de distribuição de água, que é formada por um conjunto de tubagens e elementos acessórios, como juntas, válvulas de seccionamento e de descarga, redutores de pressão, ventosas, bocas de rega e lavagem e instrumentação (medição de caudal, por exemplo) (Sousa, 2011). Uma rede de distribuição pode possuir uma ou mais (sistemas complexos) fontes de alimentação, podendo estas ser: reservatórios, estações elevatórias e/ou ligações com outras redes (Marques, et al., 2011). Quanto ao seu tipo, as redes de distribuição podem ser classificadas em: Redes ramificadas, emalhadas, e mistas (Figura 2.4).



**Figura 2. 4-** Tipos de rede de distribuição (Marques, et al., 2011)

As redes de distribuição ramificadas são constituídas por uma conduta principal longitudinal que se ramifica para ambos os lados (Sousa, 2011). Este tipo de rede tem um custo inicial de investimento reduzido, mas caso haja algum problema numa conduta e o escoamento tiver de ser interrompido, todo o escoamento para jusante terá consequentemente de ser interrompido. Para além disto, caso não haja consumo no último ponto da rede por alguma razão, não haverá escoamento nesse trecho da rede. O escoamento neste tipo de redes é unicamente unidirecional (Oliveira, 2013).

Nas redes emalhadas (ou malhadas), as condutas fecham-se sobre si mesmas constituindo malhas (conjunto de tubagens que formam um circuito fechado) (Sousa, 2011). Este tipo de rede possui um escoamento bidirecional, permitindo uma melhor redistribuição da pressão aquando de grandes variações nos consumos. Contrariamente às redes ramificadas, estas não possuem a desvantagem do abastecimento ter de ser totalmente interrompido em caso de avaria nalgum troço de conduta, visto que este é imediatamente isolado com recurso a válvulas de seccionamento e o escoamento na rede é automaticamente redistribuído. Contudo, o investimento inicial deste tipo de rede é mais significativo, mas pode ser compensado pelas vantagens de exploração que oferece. As redes emalhadas, por apresentarem tais vantagens face às redes ramificadas, tomam-se como melhor partido (Oliveira, 2013).

As redes mistas são redes que resultam da junção das redes ramificadas e emalhadas.

## ▪ Ligação domiciliária

A ligação domiciliária é feita por ramais de ligação. Estes asseguram o abastecimento predial de água, desde a rede pública até ao limite da propriedade a servir. Consoante as condições de pressão e caudal

proporcionadas pela rede, a água pode ser distribuída diretamente para os diferentes dispositivos (alimentação direta - Figura 2.5), ou poderá haver a necessidade de recorrer a uma cisterna para proporcionar o fornecimento em boas condições (alimentação indireta – Figura 2.6). Existe ainda a hipótese de construir sistemas mistos, onde o edifício é dividido em níveis distintos de pressão, otimizando assim a solução de abastecimento de água (Baptista, 2011).

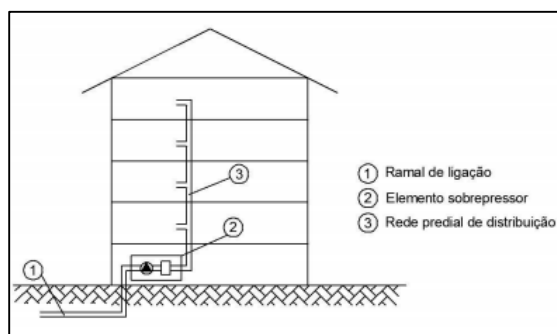


Figura 2. 5- Alimentação direta com elemento sobrepessor (Baptista, 2011)

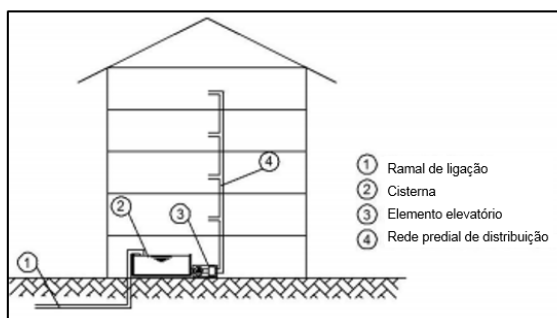


Figura 2. 6- Alimentação indireta com cisterna na base e com elemento elevatório (Baptista, 2011)

A alimentação indireta é utilizada geralmente nos casos de edifícios com elevado número de pisos elevados. As cisternas existentes para o abastecimento interno podem ser de dois grandes tipos: cisternas com bombagem direta da rede pública e cisternas com bombagem privada (Oliveira, 2013).

#### ▪ Distribuição interior

Por fim, a distribuição interior é feita pelas redes interiores dos edifícios que são constituídas por um conjunto de tubagens e elementos acessórios para distribuição de água no interior dos edifícios (Sousa, 2011).

### 2.1.2 MODELOS DE GESTÃO

Em Portugal, o fornecimento dos serviços de águas é prestado por um universo de Entidades Gestoras (EG), podendo estas ser de titularidade estatal (responsáveis pelos sistemas multimunicipais) ou municipal (responsáveis pelos sistemas municipais e intermunicipais) (ERSAR, 2015).

Os modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade estatal e municipal estão resumidos na Tabela 2.1 e 2.2, respetivamente, bem como a entidade de cada modelo e o tipo de colaboração.

**Tabela 2. 1-** Modelos de Gestão em Sistemas de Titularidade Estatal (ERSAR, 2015)

Modelo de Gestão	Entidade Gestora	Tipo de colaboração
<b>Gestão Direta</b>	Estado *	Não aplicável
<b>Gestão Delegada</b>	Empresa do setor empresarial do Estado **	Não aplicável
<b>Gestão Concessionada</b>	Entidade concessionária multimunicipal	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora concessionária, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados

(\*)- Não existe atualmente qualquer caso; (\*\*) - Existe apenas o caso da EPAL

**Tabela 2. 2-** Modelos de Gestão em Sistemas de Titularidade Municipal (ERSAR, 2015)

Modelo de Gestão	Entidade Gestora	Tipo de colaboração
<b>Gestão Direta</b>	Serviços municipais	Não aplicável
	Serviços municipalizados	Não aplicável
	Associação de municípios (serviços intermunicipalizados)	Constituição de uma pessoa coletiva de direito público integrada por vários municípios.
<b>Gestão Delegada</b>	Empresa do setor empresarial local sem participação do Estado (municipais, intermunicipais ou metropolitanas)	Eventual participação de vários municípios no capital social da entidade gestora, no caso de serviço intermunicipal, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados
	Empresa constituída em parceria com o Estado (integrada no setor empresarial local ou do Estado)	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora da parceria
	Junta de freguesia e associação de utilizadores	Acordos ou protocolos de delegação entre município e junta de freguesia ou associação de utilizadores
<b>Gestão Concessionada</b>	Entidade concessionária municipal	Parceria público-privada (municípios e outras entidades privadas)

### 2.1.3 SISTEMA EM ALTA E SISTEMA EM BAIXA

O sistema de abastecimento público de água em Portugal está dividido nas componentes em alta e em baixa, consoante as atividades realizadas.

O sistema em alta tem como função a captação, a elevação, o tratamento, transporte (ou adução) e o fornecimento aos sistemas em baixa. O grupo das Águas de Portugal (AdP) destaca-se no serviço de alta com 80% do volume total de abastecimento de água. O sistema em baixa tem como objetivo assegurar a distribuição e ligação domiciliária e ainda incluem os reservatórios de armazenamento nos casos em que estes não façam parte dos sistemas em alta. Os sistemas municipais são maioritariamente responsáveis por este tipo de sistema, assegurando mais de 70% do consumo de água nacional (Energia, 2014).

Na figura seguinte (Figura 2.7), encontra-se a distribuição geográfica das EG de abastecimento de água em alta e em baixa.

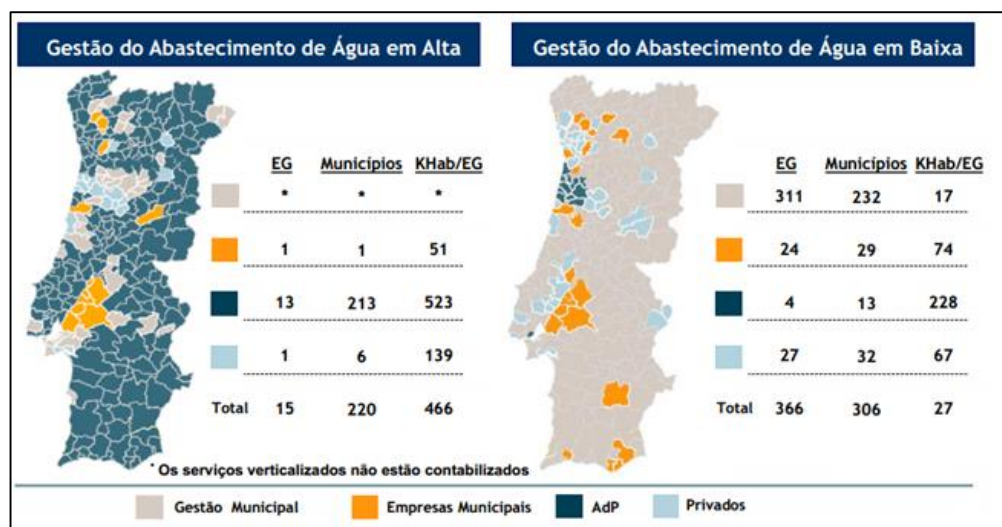


Figura 2. 7- Distribuição geográfica das entidades de AA em alta e em baixa (Energia, 2014)

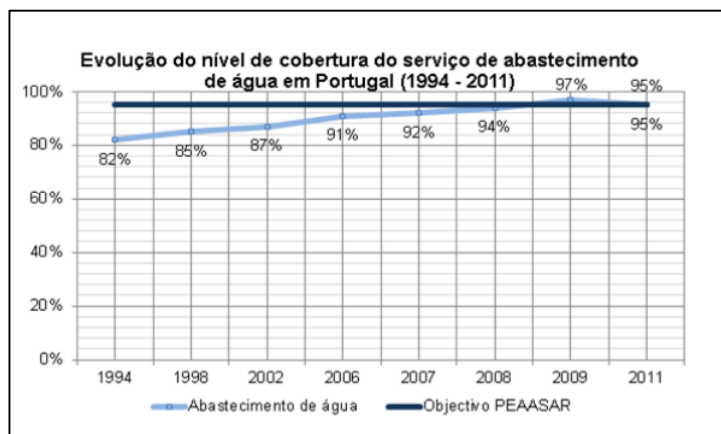
#### 2.1.4 PRINCIPAIS PROGRESSOS E PROBLEMAS NO SETOR

O processo de infraestruturização do país com SAA começou a ser financiada pelo Governo de forma sistemática a partir da década de 1930 através de políticas especificamente desenhadas para esse fim. As iniciativas de planeamento na história do setor são:

- Plano de Abastecimento de Águas às Sedes dos Concelhos (1944-1960);
- Plano de Abastecimento de Água às Populações Rurais (1960-1972);
- Plano de Desenvolvimento Regional (1986-1993);
- Plano de Desenvolvimento Regional (1994-1999)
- Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais-PEAASAR (2000-2006);
- Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais II-PEAASAR II (2007-2013);
- PENSAAR 2020 (2014-2020).

Nos últimos anos, o setor do abastecimento de água tem sofrido grandes progressos fruto de uma complexa interação de fatores de natureza tecnológica, económica, institucional e política.

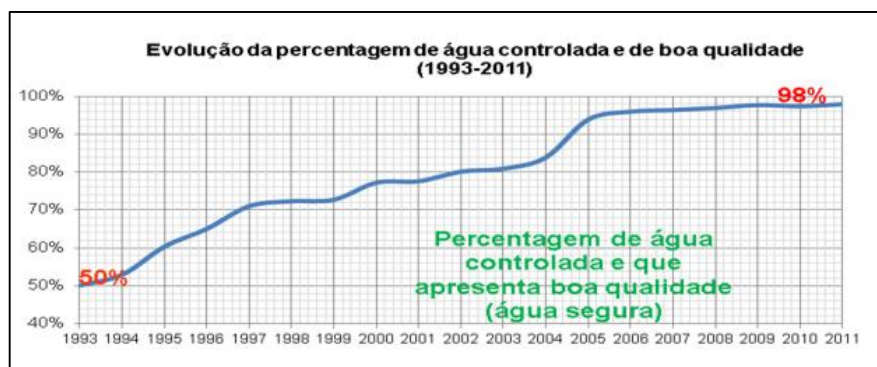
Atualmente, Portugal possui infraestruturas de abastecimento de água consolidadas, com cobertura quase total do País. O PEAASAR tinha como um dos seus objetivos atingir uma meta de 95% da população total com abastecimento público de água para o final do ano 2006. No entanto, o cumprimento deste objetivo apenas se verificou no final de 2009, quando já vigorava o PEAASAR II (Figura 2.8). Atualmente, em termos médios, 95% da população é servida por rede pública de AA. As áreas predominantemente urbanas são as que apresentam maiores níveis de acessibilidade física ao serviço (99%), seguidas das áreas medianamente urbanas (94%) e em último lugar as áreas predominantemente rurais (90%) (Apambiente, 2014).



**Figura 2. 8-** Evolução do nível de cobertura do serviço de AA em Portugal de 1994 a 2011 (Apambiente, 2014)

Quanto à qualidade da água, a generalidade das EG já atingiu o nível de excelência de 99% ou encontra-se bastante próxima, sendo principalmente as áreas rurais as que apresentam pontualmente situações menos satisfatórias. O fator mais importante no sucesso foi a realização de novos sistemas de captação e tratamento de água bruta que vieram substituir um número elevado de origens com qualidade incerta, vulneráveis à poluição e com controlo deficiente. Apesar desta grande evolução, a meta de 99% estipulada pelo PEAASAR ainda não foi atingida estando ainda nos 98% (Apambiente, 2014).

A Figura 2.9 ilustra a evolução da percentagem de água controlada e de boa qualidade entre 1993 e 2011.



**Figura 2. 9-** Evolução da percentagem de água controlada e de boa qualidade entre 1993 e 2011 (Apambiente, 2014)

No que diz respeito à acessibilidade económica dos serviços de AA, conclui-se que a generalidade das EG apresentam já boa acessibilidade. As tarifas praticadas situam-se num intervalo compatível com a capacidade económica das populações, estando assim assegurada a sustentabilidade social dos serviços (Apambiente, 2014).

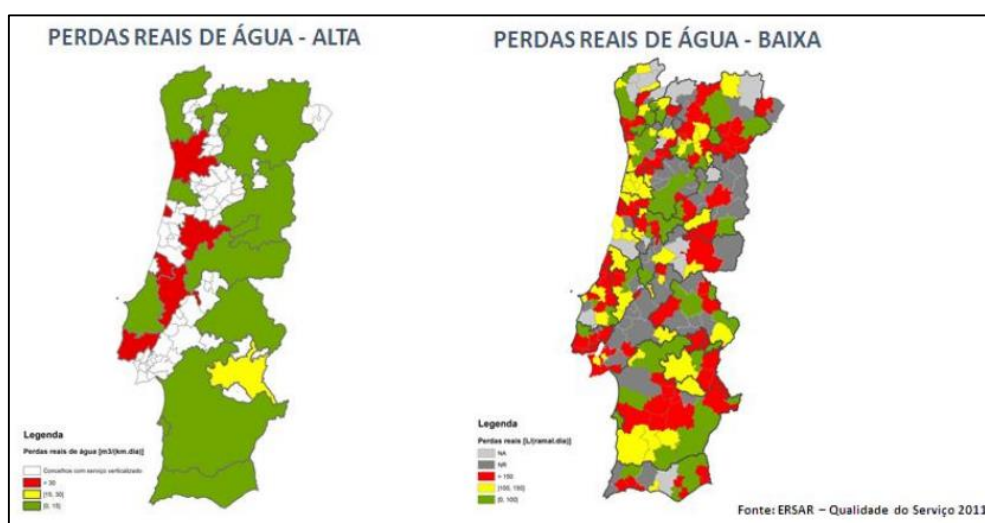
A qualidade dos serviços prestados, ao nível do AA, diretamente ao utilizador final determinada a partir dos indicadores da ERSAR permite concluir que, em 2011, para 51% das EG os serviços prestados foram bons (34%) ou medianos (17%), havendo, contudo, 22% de entidades que não responderam, correspondente a cerca de 57 EG.



Apesar dos principais progressos referidos anteriormente, o setor encontra-se ainda com problemas de sustentabilidade. O setor, assegurado pelas autarquias, apresenta uma elevada dívida acumulada ao Grupo AdP, devido à tarifa em alta (tarifa aplicada aos sistemas em baixa pela água que chega dos sistemas em alta aos reservatórios). Atualmente, existe um défice tarifário de 600M€ e as dívidas dos municípios representam já o valor de 500M€, dado que, normalmente, os municípios não fazem refletir a totalidade dos custos da tarifa em alta na tarifa apresentada ao consumidor, uma vez que de outro modo a tarifa ao consumidor seria muito elevada e frequentemente o preço da água não representa o seu real valor, mas um *valor político*. Conclui-se então que apesar da generalidade das entidades gestoras apresentarem uma boa acessibilidade económica aos serviços de AA, esta política de preços não permite assegurar a recuperação dos gastos de um número significativo de entidades gestoras (Apambiente, 2014).

Outro problema é o facto de existirem assimetrias tarifárias aplicadas aos consumidores entre o litoral e o interior do País, devido grande parte ao tipo de investimentos que foram realizados para as várias regiões (Apambiente, 2014).

Além disto, as entidades gestoras apresentam em média perdas de água de 40%, atingindo 80% em alguns municípios. De acordo com os resultados patentes no RASARP 2012, existe margem para melhoria ao nível das perdas reais sobretudo no caso das redes de distribuição (sistemas em baixa), não obstante o enorme desconhecimento patente no mapa da direita (cor cinzenta) (Apambiente, 2014).



**Figura 2. 10-** Perdas reais de água nos serviços em alta e nos serviços em baixa (Apambiente, 2014)

Importa ainda salientar, que a nível nacional é insatisfatória a adesão ao serviço pelos utilizadores, o que pode implicar riscos de saúde pública, ambientais e de sustentabilidade das EG, sendo a média nacional 86,6% para a adesão aos sistemas públicos de AA. A não adesão traduz-se no nível efetivo de ligação dos utilizadores à infraestrutura física da EG, resultando de situações de alojamentos não habitados ou de existência de origens alternativas de água. Em termos de panorama médio nacional, ao nível do AA, as menores taxas de adesão são encontradas nas áreas medianamente urbanas.

### 2.1.5 PRESPECTIVAS FUTURAS NO SETOR

Face aos problemas ainda existentes no setor, é necessário encontrar um equilíbrio tarifário, uma melhor regulação e melhorar a eficiência das EG, num futuro próximo. Desta forma, surge a *Reestruturação do Sector das Águas*, que é uma estratégia que surgiu em Outubro de 2014 e pretende atingir os seus objetivos até 2020 (Tabela 2.3).

**Tabela 2. 3-** Objetivos da reestruturação do setor das águas (Apambiente, 2014)

<b>Plano Institucional</b>	Criar condições para uma relação entre as entidades gestoras em “alta” e os Municípios inclusiva e promotora do desenvolvimento do setor
	Agregar entidades gestoras para alcançar a dimensão adequada
	Cumprir os compromissos nacionais assumidos com a UE
<b>Plano Operacional</b>	Reduzir as perdas de água e as infiltrações indevidas nas redes de abastecimento e saneamento
	Reabilitar os equipamentos disponíveis
	Promover o desenvolvimento nacional de soluções técnicas inovadoras
<b>Plano Económico</b>	Eliminar as assimetrias tarifárias em “alta”
	Reduzir custos operacionais e tornar as entidades gestoras eficientes
	Praticar tarifas com recuperação integral de custos e definidas de forma transparente e independente

De forma a alcançar os objetivos propostos pela Reestruturação, foi necessário (Apambiente, 2014):

- Reorganizar territorialmente e corporativamente o grupo AdP. Assim, será possível agregar os atuais 19 sistemas multimunicipais em 5 sistemas de maior dimensão, o que resulta num aumento da coesão social, com a harmonização da tarifária em alta, e na atenuação das assimetrias tarifárias que se verifica entre o interior e o litoral;
- Aprovar o novo plano estratégico do setor: PENSAAR 2020;
- Aprovar os novos estatutos da ERSAR;
- Aprovar o novo programa operacional POSEUR- Programa Operacional da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos. Este programa procurará dar resposta às necessidades de investimento identificadas no âmbito do Ciclo Urbano da Água e da melhoria da qualidade das massas de água, por via da implementação de medidas contidas na estratégia sectorial (PENSAAR 2020) e também de outras medidas contidas nos Planos de Gestão das Bacia Hidrográficas (PGBH) não diretamente relacionadas com o sector urbano.

## 2.2 PERDAS DE ÁGUA

Dada a importância da água para a vida e para o desenvolvimento socioeconómico das populações, nos últimos anos tem havido uma crescente preocupação com a sua utilização, tornando-se cada vez mais urgente utilizar este recurso de forma sustentável.

Entende-se por perdas de água a água que não é faturada, nem utilizada para outros usos autorizados, mas que é captada, tratada e transportada em infraestruturas com custos de operação e manutenção. Nas redes de distribuição, é inevitável existirem perdas de água, embora nas mais recentes, mais bem construídas e mantidas estas perdas sejam em pouca quantidade. Esta problemática pode ocorrer devido a falhas nas infraestruturas das redes de abastecimento (perdas reais), ou devido a consumos ilícitos e/ou a erros de medição (perdas aparentes), tendo impactos a nível económico-financeiro, técnico, ambiental, saúde pública e social.

A dimensão económico-financeira das perdas de água é de grande relevância e constitui em geral a principal motivação das EG que levam a cabo iniciativas no domínio do controlo ativo de perdas. Quanto mais perdas uma EG tiver, menor será a sua eficiência e as tarifas relativas aos consumos serão superiores.

A nível técnico é possível intervir através de reparações pontuais ou de reabilitação dos sistemas ou de parte destes, através da minimização da probabilidade de ocorrência de contaminações exteriores e através da gestão de pressões para que estas não sejam mais elevadas do que o necessário à prestação de um bom serviço aos consumidores (Alegre, et al., 2005).

A nível ambiental é evidente o impacto provocado pelas perdas. Esta problemática tem vindo a tornar-se muito mais expressiva, ocorrendo um aumento das restrições para a construção de novas captações onde a jusante os níveis de perdas são elevados (Alegre, et al., 2005).

As perdas podem ainda colocar em causa a saúde dos consumidores. Os pontos onde existem fugas são potenciais fontes de contaminação da água. A probabilidade de contaminação é baixa quando todo o sistema está pressurizado, com pressões internas superiores às externas, mas o mesmo não ocorre quando há necessidade de interromper o fornecimento por qualquer razão. A adição de desinfetante residual minora os riscos, mas hoje em dia esta não é uma solução ideal, sendo melhor atuar na prevenção do que na correção pós ocorrência (Alegre, et al., 2005).

Por fim, quanto à dimensão social das perdas de água, atualmente tem-se verificado um aumento, uma vez que existe a necessidade do aumento de preços de venda de água em muitos municípios portugueses, já que a DQA (Diretiva Quadro Água) requer que a tarifa reflita os custos reais, na sua globalidade. Por outro lado, as exigências de qualidade da água fornecida ao consumidor também acarretam aumentos de custos, que terão de ser refletidos nas tarifas. Outro aspeto relacionado com a dimensão social prende-se com o papel que o cidadão comum pode ter como agente ativo do processo, podendo prestar um auxílio de grande valia na localização de fugas visíveis e na melhoria da monitorização dos consumos domésticos (Alegre, et al., 2005).

### 2.2.1 BALANÇO HÍDRICO

A *International Water Association* (IWA) foi fundada em 1999 e é uma organização sem fins lucrativos, que tem como objetivo observar todas as fases do ciclo da água, servindo de uma rede internacional de profissionais da água através da investigação e desenvolvimento das melhores práticas para a gestão sustentável da água (Sardinha, et al., 2015).

Em Junho de 2003, a IWA formou a *Water Loss Task Force*, constituída por um grupo de especialistas na operação e manutenção de sistemas de abastecimento que focaram a sua atividade em diversos temas relacionados com a abordagem prática à redução de perdas de água. Na sequência dos trabalhos desenvolvidos por este grupo, que atualmente passou a ser *Water Loss Specialist Group*, a IWA iniciou a publicação de uma série de artigos sobre os resultados das experiências e de orientações para boas práticas de gestão (Sardinha, et al., 2015).

A IWA confrontada com a necessidade de avaliar o volume de perdas de água e os seus componentes, permitindo uma comparação internacional entre os desempenhos de diferentes EG, desenvolveu uma série de estudos nesse sentido, no âmbito do grupo *Water Loss Task Force*, e em 2000 apresentou a ferramenta que veio constituir-se como base de toda a análise - o Balanço Hídrico (BH) (Sardinha, et al., 2015).

Os principais componentes do BH podem ser definidos da seguinte forma:

- **Água entrada no sistema:** volume de água anual introduzido no sistema (Alegre, et al., 2005)
- **Consumo autorizado:** volume anual de água, medido ou não medido, faturado ou não, fornecido a consumidores registados, a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo para usos domésticos, comerciais ou industriais e à própria entidade gestora. Inclui a água exportada, água para combate a incêndio, lavagem de condutas e coletores, lavagem de ruas, rega de espaços verdes municipais, alimentação de fontes e fontanários, proteção contra congelação, fornecimento de água para obras, etc. (Alegre, et al., 2005)
- **Perdas de água:** volume de água correspondente à diferença entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado. (Alegre, et al., 2005)
- **Perdas aparentes:** contabilizam todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito). (Alegre, et al., 2005)
- **Perdas reais:** volume de água correspondente às perdas físicas de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos ao longo do SAA até ao contador do cliente. (Alegre, et al., 2005)
- **Água faturada:** volume de água correspondente ao consumo faturado medido e não medido. (Martins, 2014)
- **Água não faturada:** volume de água correspondente à diferença entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado faturado. A água não faturada inclui as perdas reais e aparentes e o consumo autorizado não faturado. (Alegre, et al., 2005)

Água entrada no sistema [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo autorizado [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo autorizado faturado [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo faturado medido [m <sup>3</sup> /ano]	Água faturada [m <sup>3</sup> /ano]
			Consumo faturado não medido [m <sup>3</sup> /ano]	
		Consumo autorizado não faturado [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo não faturado medido [m <sup>3</sup> /ano]	Água não faturada (perdas comerciais) [m <sup>3</sup> /ano]
			Consumo não faturado não medido [m <sup>3</sup> /ano]	
	Perdas de água [m <sup>3</sup> /ano]	Perdas aparentes [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo não autorizado [m <sup>3</sup> /ano]	
			Perdas de água por erros de medição [m <sup>3</sup> /ano]	
		Perdas reais [m <sup>3</sup> /ano]	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m <sup>3</sup> /ano]	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m <sup>3</sup> /ano]	
			Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) [m <sup>3</sup> /ano]	

**Figura 2. 11-** Modelo do BH proposto pelo IWA (Alegre, et al., 2005)

Segundo o IWA 2000, os passos para calcular as perdas de água são os seguintes:

- 1- Determinar o volume de água entrada no sistema (AES);
- 2- Determinar o consumo faturado medido e o consumo faturado não medido e introduzir o total destes como consumo autorizado faturado (CAF) e como água faturada (AF);
- 3- Calcular o volume de água não faturada (ANF) subtraindo a AF à AES;
- 4- Definir o consumo não faturado medido (CNFM) e o consumo não faturado não medido (CNFNM) e registar o total em consumo autorizado não faturado (CANF);
- 5- Somar os volumes correspondentes ao CAF e ao CANF e introduzir o resultado como consumo autorizado;
- 6- Calcular as perdas de água como a diferença entre a AES no sistema e o consumo autorizado;
- 7- Avaliar, usando os melhores métodos disponíveis, as parcelas do uso não autorizado e dos erros de medição, somá-las e registar o resultado em perdas aparentes;
- 8- Calcular as perdas reais subtraindo as perdas aparentes às perdas de água;
- 9- Avaliar as parcelas das perdas reais usando os melhores métodos disponíveis (análise de caudais noturnos, dados de medição zonada, cálculos de frequência/caudal/duração das roturas, modelação de perdas baseada em dados locais sobre o nível-base de perdas, etc.), somá-las e comparar com o resultado das perdas reais obtido no passo 8.

Teoricamente, a AES deveria ser igual ao CAF e todos os outros parâmetros deveriam ser igual a zero. Contudo, tal facto é impossível de alcançar, uma vez que não são medidos todos os consumos, sendo realizadas estimativas. (Martins, 2014) Além disto, é inevitável a existência de perdas de água nas redes, por mais recentes que estas sejam.

Através dos 9 passos de cálculo propostos pela IWA 2000, verifica-se que existem duas abordagens de cálculo. A primeira é do passo 1 ao 8 em que são analisados os volumes de entrada no sistema através de medição, os consumos autorizados faturados e não faturados, as perdas aparentes devidas

a ligações ilegais e potenciais erros de medição e, por fim, são calculadas as perdas reais. Esta abordagem é usualmente denominada por abordagem *Top-Down*. O passo 9 corresponde à abordagem *Bottom-Up* e serve de contraponto ao valor de perdas reais que foram calculadas pela abordagem *Top-Down*, baseando-se na análise do Caudal Mínimo Noturno.

Para que o cálculo e os resultados da determinação das perdas possam ser credíveis, devem ser utilizadas estas duas abordagens complementares. Contudo, a abordagem *Bottom-Up* é pouco utilizada, uma vez que a maior parte das EG ainda não possuem um elevado conhecimento da rede, nem um nível de gestão sofisticado em termos de controlo da rede, necessário para a análise do Caudal Mínimo Noturno.

Por fim, importa referir que a base de cálculo do BH deverá ser anual, minimizando eventuais discrepâncias temporais entre os locais de medição e de faturação.

### 2.2.2 INDICADORES DE DESEMPENHO

Os indicadores de desempenho (ID) são medidas quantitativas de avaliar o desempenho de uma EG ou do seu nível de serviço. Estes permitem avaliar a qualidade de serviço e realizar uma comparação de resultados de EG similares atuando em zonas geográficas distintas (*benchmarking*). Os resultados quer da avaliação quer do *benchmarking* são objeto de exposição pública, na medida em que isso incentiva as entidades a progredir no sentido da eficiência, por naturalmente se quererem ver colocadas em posição favorável, materializando-se assim num direito fundamental que assiste a todos os utilizadores. Pretende-se também consolidar uma verdadeira cultura de informação, concisa, credível e de fácil interpretação (LNEC, et al., 2014).

Contudo, deve-se ter em conta que a análise dos ID constitui também uma visão parcial da globalidade e complexidade de uma EG. É necessário analisar mais do que um ID, de preferência um conjunto que envolva os aspetos e características mais importantes e significativos na operação da EG. No entanto, a determinação de um conjunto de ID não garante por si só o sucesso da análise, uma vez que a contextualização e conhecimento de causa são determinantes para os resultados alcançados (Alegre, et al., 2000).

Existem diversos indicadores de desempenho, tais como: indicadores de desempenho dos recursos hídricos, indicadores de desempenho dos recursos humanos, indicadores infraestruturais, indicadores operacionais, indicadores de qualidade de serviço e indicadores económico-financeiros (Alegre, et al., 2000). Dentro do vasto número de indicadores existem os indicadores relativos às perdas. Aqueles que merecem real importância neste trabalho, isto é, referentes às perdas reais e para sistemas em baixa, são:

- Perdas reais por ramal (PRR):

$$\text{PRR (l/ramal/d)} = \frac{\text{perdas reais (m}^3\text{)} \times 1000}{\text{número de ramais} \times \text{tempo de pressurização do sistema (h)}/24} \quad (2.1)$$

Segundo Alegre, et al. (2005), a maior porção de perdas ocorre nos ramais e não nas condutas principais, exceto nos casos de baixa densidade de ramais. Caso a densidade de ramais seja inferior a

20/km de rede, a IWA recomenda que não se aplique o indicador anterior, mas sim o indicador de perdas reais expresso em comprimento de conduta.

- Perdas reais por comprimento de conduta (PRCC)

$$\text{PRCC (l/km/d)} = \frac{\text{perdas reais (m}^3\text{)} \times 1000}{\text{comp. da conduta (km)} \times \text{tempo de pressurização do sistema (h)} / 24} \quad (2.2)$$

- Perdas reais mínimas (PRM):

$$\text{PRM (l/ramal/d)} = (18 \frac{\text{comp. da conduta (km)}}{\text{n}^\circ \text{ ramais}} + 0,8 + 0,025 \text{ comp. méd. ramais (m)}) \times \frac{\text{pressão(kPa)}}{10} \quad (2.3)$$

Através deste indicador é possível verificar que as perdas reais serão tanto mais elevadas quanto maior for a a pressão de serviço. Quando atingido o valor mínimo de perdas, só é possível de ser reduzido com um esforço de investimento acima dos ganhos que poderão ser alcançados.

O PRM pode ser aplicado em redes com pressão de funcionamento médio entre 20 e 100 m.c.a., uma densidade de ligações de serviço entre 10 e 120 ligações/km de rede e com contadores de clientes localizados em ramais com comprimento médio até 30 m (Sardinha, et al., 2015).

- Índice infraestrutural de fugas (IIF):

$$\text{IIF} = \frac{\text{PRR}}{\text{PRM}} \quad (2.4)$$

Este indicador adimensional surge para efeitos de comparação do estado físico das redes operadas com pressões de serviço e comprimentos de ramais distintos. Em geral, sistemas com boa manutenção tendem a apresentar valores de índice infraestrutural de fugas próximos de 1,0, enquanto que sistemas de deficiente manutenção apresentarão valores mais elevados. Um valor inferior a 2 significa que uma maior redução de perdas não é, normalmente, viável economicamente. Valores superiores a 8 indicam que a EG apresenta recursos muito insuficientes, fraca manutenção e onde a implementação de um programa de redução de perdas é imperativo (Sardinha, et al., 2015).

- Ocorrência de avarias em condutas (OAC):

$$\text{OAC (n}^\circ\text{/(100km. ano))} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de avarias (n}^\circ\text{/ano)}}{\text{Comprimento total das condutas}} \times 100 \quad (2.5)$$

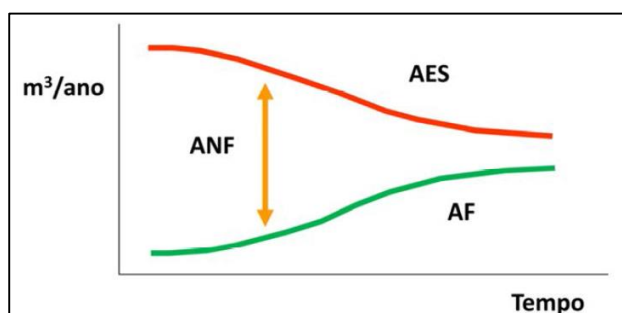
- Água não faturada (ANF):

$$\text{ANF(\%)} = \frac{\text{ANF} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{ano}} \right)}{\text{AES} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{ano}} \right)} \times 100 \quad (2.6)$$

### 2.2.3 ÁGUA NÃO FATURADA

A ANF implica impactes ambientais e ainda reduções significativas nas receitas, comprometendo a sustentabilidade económica e financeira das EG. Assim, a ANF é um indicador da eficiência de uma EG. Quanto maior for a redução da ANF, mais eficiente se torna a EG. Os ganhos obtidos através desta redução podem vir a ser suficientes para cobrir os investimentos realizados nesta redução, sem ser necessário aumentar as tarifas aos consumidores. Segundo a ERSAR, o limiar técnico aceitável de ANF é de 20% da AES.

Através da análise da figura seguinte (Figura 2.12) pode-se observar a relação entre a ANF, AF e AES.



**Figura 2. 12-** Redução da água não faturada (Martins, 2014)

Na tabela seguinte (Tabela 3.1) encontram-se algumas das possíveis medidas a serem implementadas para a redução da ANF.

**Tabela 2. 4-** Medidas para a redução da ANF (Martins, 2014)

Componentes da ANF	Medidas
Consumo não faturado medido	Faturar todos os consumos
Consumo não faturado não medido	Instalar medidores (contadores)
	Faturar todos os consumos possíveis
Uso não autorizado	Analisar o historial de consumo
	Inspeção local
	Analisar ações ilegais
	Interromper o consumo
Erros de medição	Inspeção local
	Substituição do contador
Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição	Rápida deteção e reparação
	Controlo ativo de perdas
	Gestão da pressão
	Substituição de condutas
Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição	Telemetria
	Inspeção local
	Reparação das superfícies
Fugas nos ramais	Rápida deteção e reparação
	Controlo ativo de perdas
	Gestão da pressão
	Substituição das condutas

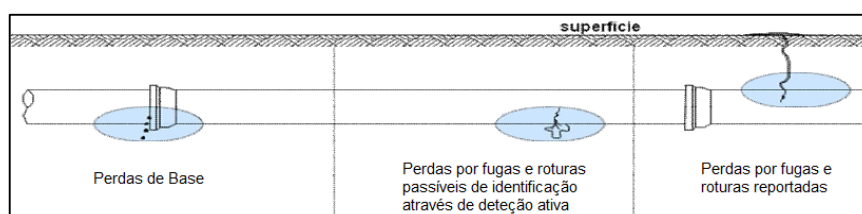


## 2.2.4 PERDAS REAIS

As perdas reais correspondem a volumes de água perdidos ao longo de um SAA, através de roturas e extravasamentos em reservatórios, roturas e fugas nas condutas e nos ramais distribuidores.

As perdas nos reservatórios ocorrem por fissuração das paredes e da laje do fundo, pelo que o volume de água perdido é dependente da dimensão destas fissuras e da quantidade de água armazenada. Os extravasamentos ocorrem geralmente em períodos noturnos, devido aos baixos consumos registados nestes períodos (Alegre, et al., 2005).

As roturas e fugas nas condutas e nos ramais distribuidores podem ser distinguidas em três tipos (Figura 2.13): perdas de base, perdas por fugas e ruturas reportadas e perdas por fugas e ruturas passíveis de identificação através da deteção ativa de fugas (Alegre, et al., 2005).



**Figura 2. 13-** Tipos de roturas e fugas (Adaptado de Vicentini, 2012)

- As perdas de base são microrroturas e fugas presentes nas juntas de ligação das condutas distribuidoras aos ramais domiciliários e em outras ligações da rede. A sua reduzida dimensão da fuga contribui para que estas não sejam detetadas à superfície. Na verdade, a sua deteção exige equipamentos rigorosos cujos encargos não são compensados pela redução da água que se obtém, pelo que estas perdas são denominadas de perdas inevitáveis da rede, perfazendo grandes volumes de água perdidos ao longo do tempo, dada a sua continuidade (Oliveira, 2013).
- As perdas por fugas e roturas passíveis de identificação através da deteção ativa de fugas têm dimensões consideráveis, mas não afloram à superfície, devido à topografia do terreno onde estão instaladas as condutas, às características dos solos ou à presença de outras infraestruturas nas imediações. Em termos de volume de água perdido, este relaciona-se com a estratégia de deteção adotada (Oliveira, 2013).
- As perdas por fugas e roturas reportadas caracterizam-se por serem de dimensões consideráveis libertando um volume de água considerável, num curto período de tempo, uma vez que as populações geralmente reportam-nas, já que estas tendem a florar à superfície, o que permite uma reparação imediata. Desta forma, para estes casos, a perda de volume de água é moderada (Oliveira, 2013).

Por mais recente e cuidada que seja um sistema de condutas, existem sempre perdas de água. Assim, segundo o RGSPDADAR, a avaliação das fugas de água ao longo de um SAA é sempre necessária.

Como é possível verificar na Figura 2.14, uma fuga pode ter uma duração extremamente longa, podendo mesmo ocorrer durante anos, representando assim um enorme desperdício de água para as EG.

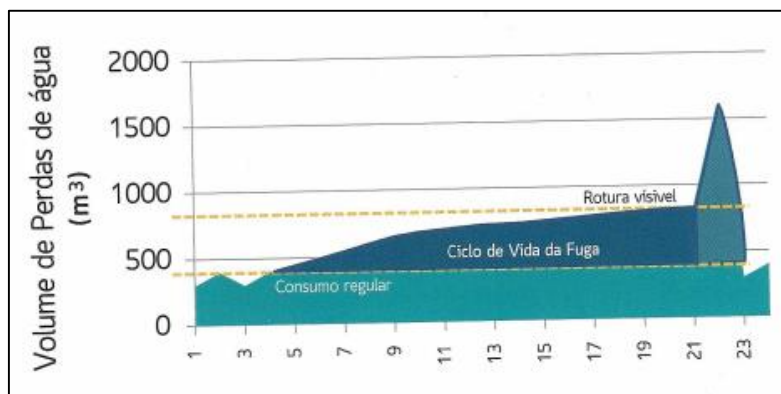


Figura 2. 14- Ciclo de vida de uma fuga (Sardinha, et al., 2015)

O caudal perdido por uma fuga ou rotura pode ser expresso pela lei de vazão de um orifício para fluídos sob pressão (Quintela, 2011):

$$Q_{orificio} = C_D \times A \times \sqrt{2 \times g \times P} \quad (2.7)$$

Em que:

$Q_{orificio}$  - Caudal libertado pelo orifício ( $m^3/s$ );

$C_D$  - Coeficiente de vazão;

$A$  - Área da secção do orifício ( $m^2$ );

$P$  - Pressão a que o fluido está submetido (m.c.a.);

$g$  - Aceleração gravítica ( $9,8 m/s^2$ )

#### 2.2.4.1 Fatores que afetam as perdas reais

Os possíveis fatores que influenciam as perdas reais são:

- O estado das condutas:

Quanto mais antigas forem as condutas, mais propensa é a ocorrência de roturas e fugas. Normalmente, em sistemas com condutas novas, as perdas reais não assumem grande relevância, mas em sistemas mais antigos podem vir a atingir valores insustentáveis, sendo a única forma de solucionar este problema a substituição das condutas (Marques, et al., 2011).

- O material das condutas:

A análise e escolha do tipo de materiais constituintes das condutas têm grande influência na eficiência do abastecimento, relativamente às perdas. Segundo o RGSPDADAR, as condutas de distribuição de água podem ser de PVC, betão armado, polietileno de média ou alta densidade, poliéster reforçado com fibra de vidro, ferro fundido, aço ou outros materiais que reúnam as necessárias condições de utilização. Em todos os casos em que as condutas não se encontrem protegidas ou estejam sujeitas a vibrações, nomeadamente em travessias de obras de arte, o material a utilizar deve ser ferro fundido dúctil ou aço.

Na escolha do material é relevante ter em conta as características do solo do local de instalação, uma vez que nem todos os materiais se adequam ao mesmo tipo de solo. No entanto, a eficiência não depende apenas da escolha do material, mas também do seu correto dimensionamento, da sua correta instalação e da sua manutenção (Oliveira, 2013).

- A frequência de fugas e roturas:

A frequência de fugas está relacionada com todos os outros fatores que influenciam as perdas reais. Quanto mais elevado for este fator, mais fragilizadas ficam as condutas e, conseqüentemente, mais elevadas serão as perdas de água.

- A pressão de serviço médio e a percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado:

Como é possível verificar através do indicador das perdas reais mínimas apresentado anteriormente (eq. 3.4), as perdas reais são influenciadas diretamente pela pressão de serviço. Quanto maior a pressão, maior a probabilidade de ocorrência das perdas reais. Contrariamente, quanto menor for a pressão, menor será o volume de água perdida, mas também será mais difícil a deteção das perdas, os reservatórios domiciliários e as cisternas não vão encher tão rapidamente, os equipamentos domésticos poderão não funcionar como é normal e os riscos de contaminação da água, devido à possível introdução de poluentes e reagentes pelas fissuras, aumentam.

- O comprimento total das condutas e densidade e comprimento médio dos ramaís:

Através do mesmo indicador verifica-se que quanto maior o comprimento das condutas, maior é o valor das perdas reais, uma vez que maior é a quantidade de ligações, aumentando assim a probabilidade de fugas. Verifica-se ainda que quanto maior for o comprimento médio dos ramaís, maior a quantidade das perdas reais. No entanto, isto só se verifica para determinados materiais, já que atualmente existem ramaís com comprimentos consideráveis sem uma única ligação. Assim sendo, se afirmarmos que quanto maior a densidade dos ramaís, maior a quantidade de perdas, também teremos de verificar qual o material em causa para esta afirmação ser verdadeira.

- A localização do medidor domiciliário no ramal:

Segundo o RGSPDADAR, os medidores de caudal devem ser instalados em locais devidamente protegidos, acessíveis e de forma a possibilitar leituras corretas. Não devem ser instalados em pontos de eventual acumulação de ar, de forma a se evitar perturbações nas medições, devendo-se prever comprimentos mínimos de tubagem a montante e a jusante sem qualquer singularidade. Deve-se ainda prever válvulas de seccionamento a montante e a jusante do medidor, ter em conta a pressão de serviço, o diâmetro e posição da conduta e o espaço para montagem.

- O tipo de solo e as condições do terreno:

O tipo de solo é também outro fator relevante, uma vez que quanto mais permeabilidade tiver um solo, mais rapidamente pode ser detetável uma rotura, já que mais facilmente aparece a água à superfície. Adicionalmente, quanto mais agressiva for a natureza de um solo maior será a corrosão das condutas, tornando-as menos capazes de suportar variações de pressão. Também as movimentações do solo podem provocar um aumento das roturas e fugas. Estas são causadas através

de mudanças do teor de humidade e da temperatura do solo, tremores de terra ou tráfego intenso nas vias de circulação provocando vibrações excessivas do solo.

### 2.2.5 SISTEMA DE TELEMETRIA E SISTEMA DE TELEGESTÃO

Um sistema de telemetria constitui, atualmente, um instrumento essencial para uma gestão eficaz dos SAA. Através deste sistema é possível obter os dados referentes ao volume de água comprada, de água de produção própria e de água distribuída na rede, o nível de água nos reservatórios, as curvas de caudais, a tele-leitura de consumos de clientes, a qualidade da água, entre outros. Contudo, devido ao seu elevado investimento inicial nem todas as EG, a nível mundial, possuem a capacidade de o adquirir.

Em linhas gerais, um sistema de telemetria é constituído por (ver Figura 2.15):

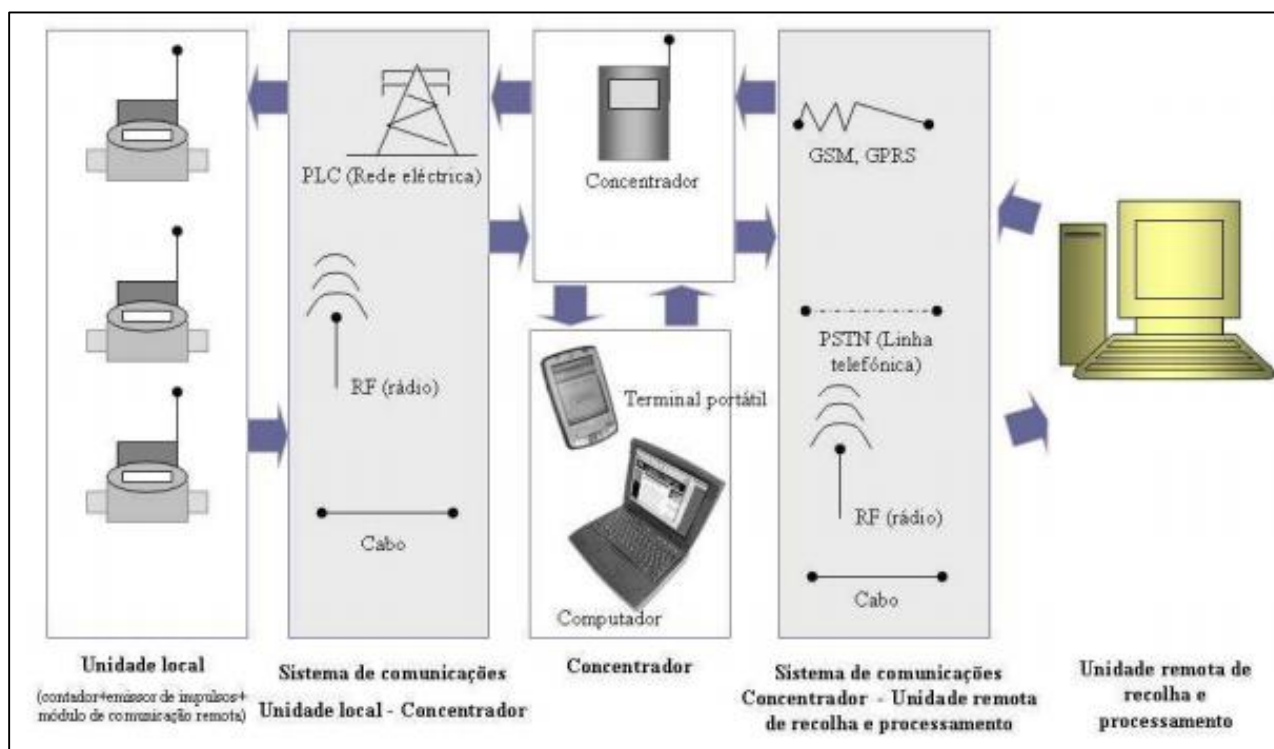


Figura 2. 15- Esquema de funcionamento de um Sistema de Telemetria (Álvares, et al., 2007)

- Unidade local: realiza a coleta das leituras, o seu registo e transmissão. Esta unidade é constituída por um contador, um emissor de impulsos e por um módulo de comunicação remota (Malheiro, 2011).
- Unidade intermédia – concentrador: Recebe leituras de um conjunto de contadores, armazena-os e transmite-os com uma frequência pré-definida para a unidade remota. O concentrador deve localizar-se a uma distância pouco significativa dos contadores (algumas centenas de metros), sendo a sua capacidade de receção de informação dependente dos obstáculos físicos que se opõem à comunicação.
- Unidade remota: Destina-se à recolha e processamento de dados. A troca de informação entre as várias unidades é feita através de um sistema de comunicação. Entre os sistemas de

comunicação mais usados distingue-se a comunicação via rádio e as redes GSM e GPRS (Malheiro, 2011).

- O sistema de comunicações: faculta a transmissão de dados em diferentes momentos. Primeiramente entre a unidade local e o concentrador, numa segunda fase faz-se do concentrador para a unidade remota de recolha e processamento de dados (Malheiro, 2011).

De notar que o sistema de telemetria permite a recolha de dados de diferentes modos, não necessitando necessariamente de dispor de concentrador. A recolha dos dados pode ser feita através de dispositivos portáteis (*walk-by*) ou móveis (*drive-by*), obrigando a que um leitor se desloque às proximidades do contador (Malheiro, 2011).

Um sistema de Telegestão corresponde a um sistema que possui um sistema de telemetria e outras tecnologias de computação e comunicação, permitindo monitorizar e manobrar remotamente as principais instalações hidráulicas, melhorar a qualidade do serviço prestado e melhorar a eficiência de gestão (Sousa, 2003).

## **2.2.6 CONTROLO DE PERDAS**

Na definição de uma estratégia de controlo de perdas o que está em causa é avaliar a partir de que nível é economicamente rentável proceder a uma intensificação de meios para a redução de perdas. (Alegre, et al., 2005) Em primeiro lugar, é necessário quantificar e detetar as fugas e roturas existentes. De seguida, procede-se à determinação da rentabilidade de tomada de medidas para a redução das perdas. Nas perdas reais, caso seja rentável, pode-se realizar a gestão da pressão na rede, a reparação das roturas e fugas das condutas ou substituindo-se as condutas. Caso as perdas se verifiquem nos reservatórios e não nas condutas e ramais domiciliários, então tomam-se medidas como: analisar e evitar extravasamentos e realizar a reparação das paredes dos tanques.

Contudo, antes de qualquer definição de uma estratégia de controlo de perdas é necessário ter em conta a realidade específica da entidade gestora, nomeadamente, os constrangimentos financeiros, o tipo e condição das infraestruturas, a experiência e o grau de conhecimento das equipas, a tecnologia disponível, bem como eventuais influências sociais, culturais e políticas.

### **2.2.6.1 Quantificação das perdas**

A quantificação das perdas em redes de distribuição poderá ser conseguida através:

- Método do volume total de água na rede num dado período de tempo (diurno, semanal ou mensal, por exemplo);
- Caudal mínimo noturno.

No caso do método volume total de água na rede de distribuição há a contabilização volumétrica do balanço hídrico dentro de cada zona de medição através de volumes medidos durante um intervalo de tempo. O volume de perdas de água no período é dado pelas diferenças de volumes de água afluente e todos os volumes de água saídos e conhecidos, incluindo uma estimativa do consumo (Carvalho, 2014).

Em relação ao método dos caudais noturnos, observa-se o comportamento do caudal nas horas de menor consumo. Estas horas correspondem ao período da noite, em que a maioria dos consumidores encontram-se inativos, sendo neste período atingido o caudal mínimo de consumo. Para tal, convém ter um conhecimento do comportamento habitual dos caudais, de forma a facilitar a identificação de anomalias. Sempre que existe um caudal noturno mínimo (CMN) superior ao normal existe a possibilidade de fuga ou, ligações ilícitas ou simplesmente indústrias em atividade na zona.

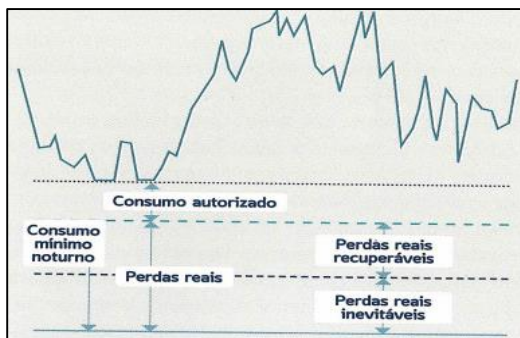


Figura 2. 16- Análise do comportamento dos caudais (Sardinha, et al., 2015)

### 2.2.6.2 Detecção de fugas e roturas

A deteção das fugas e roturas existentes pode ser feita através de um controlo passivo de perdas ou através de um controlo ativo de perdas (CAP). O controlo passivo de perdas consiste na realização de reparações na rede apenas quando as fugas afloram à superfície. Geralmente, estas fugas são detetadas pela população. O CAP consiste na investigação e deteção de fugas não visíveis, por métodos acústicos e de pesquisa, e a execução dos reparos necessários. Neste tipo de controlo, o volume de água perdido é elevado, uma vez que grande parte das fugas nunca chegam a aflorar à superfície, sendo a perda de água contínua.

Todas as EG com preocupações ao nível das perdas de água, utilizam o CAP, onde uma secção da empresa se encontra inteiramente ligada ao trabalho de campo, nomeadamente à inspeção das ruas para a deteção de fugas e roturas.

Na tabela seguinte (Tabela 2.5) encontram-se os possíveis equipamentos utilizados no CAP, bem como a sua descrição de funcionamento, vantagens e desvantagens.

**Tabela 2. 5-** Equipamentos utilizados no CAP

Equipamento	Constituição	Funcionamento	Vantagens	Desvantagens
<b>Varetas de escuta (Figura 2.17)</b>	Amplificador (mecânico ou eletrónico) ligado a uma vareta metálica (Oliveira, 2013)	A vareta metálica é introduzida no solo e capta os ruídos produzidos pelas fugas, indicando a presença de roturas (Oliveira, 2013)	Técnica de aproximação ao local exato da fuga, com um erro aproximado de 1m, no sentido de se reduzir o esforço e investimento associado à escavação ou pesquisa no solo. (Sardinha, et al., 2015)	É uma técnica que não consegue apontar o local preciso da fuga (Oliveira, 2013)
<b>Geofone (Figura 2.18)</b>	<p>Eletrónico: Possui um sensor, um amplificador, um filtro de ruídos e auscultadores para os ouvidos;</p> <p>Mecânico: Não contém o filtro de ruídos. (Oliveira, 2013)</p>	Coloca-se o sensor na superfície do solo, por cima das condutas a inspecionar, de forma a conseguir captar corretamente o ruído. (Oliveira, 2013)		<p>Por vezes, os geofones não podem ser utilizados, devido ao ruído aleatório produzido pelo tráfego nas vias, por exemplo, podendo ser utilizado como substituto o correlador acústico.</p> <p>O geofone mecânico por não ter o filtro de ruídos tem mais dificuldade na precisão da deteção, uma vez que a análise do ruído é de inteira responsabilidade do operador. (Oliveira, 2013)</p>
<b>Loggers acústicos (Figura 2.19)</b>	Unidade compacta constituída por um sensor acústico (acelerómetro) e por um <i>datalogger</i> programável, o qual dispõe de um magneto para assegurar o contacto entre o sensor e um ponto metálico, normalmente válvulas, hidrantes ou a própria conduta. (Sardinha, et al., 2015)	São instalados em grupo pelas zonas de pesquisa e programados durante o dia, registando os ruídos durante a noite. No dia seguinte, os dados são recolhidos através de uma unidade de patrulhamento que se conecta a cada <i>logger</i> por radiofrequência ou via GSM/GPRS. (Sardinha, et al., 2015)	<p>A sua dimensão e configuração permitem que este tipo de equipamento possa ser instalado em espaços reduzidos, de forma a viabilizar a utilização de todos os pontos de contacto disponíveis na rede de abastecimento.</p> <p>Podem funcionar autonomamente após a sua programação, não requerendo a presença de técnicos para efetuar registos de ruído. (Sardinha, et al., 2015)</p>	Não deteta o local exato da fuga, mas sim a existência de fuga na proximidade do local, devendo por isso ser utilizado posteriormente outro tipo de equipamento para a deteção exata. (Sardinha, et al., 2015)
<b>Correlador acústico (Figura 2.20)</b>	Composto por sensores, por pré-amplificadores e pelo processador (Oliveira, 2013)	Coloca-se o sensor na superfície do solo por cima das condutas a inspecionar. Através da diferença de tempo que o ruído atinge cada sensor (tempo de retardo), da distância entre os vários sensores colocados no local e das características do sensor, o processador determina o local da fuga. (Oliveira, 2013)	<p>Permite a localização exata da fuga.</p> <p>As versões mais recentes deste equipamento permitem localizar com elevada precisão, geralmente com erros inferiores a 1 metro.</p> <p>É de simples instalação. (Sardinha, et al., 2015)</p>	Tem dificuldade em detetar fugas em condutas com baixa pressão, com grandes diâmetros, em materiais não metálicos e com pontos de contacto pouco frequentes para colocação do microfone. (Sardinha, et al., 2015)





**Figura 2. 17-** Vareta de escuta



**Figura 2. 18-** Geofone (Sardinha, et al., 2015)



**Figura 2. 19-** *Logger* acústico e patrulhamento de *loggers* acústicos (Sardinha, et al., 2015)



**Figura 2. 20-** Correlador acústico (Sardinha, et al., 2015)



Depois de utilizados os equipamentos disponíveis e identificado com precisão o local da fuga, introduz-se uma vara metálica no solo para confirmar a presença de água (através da humidade na ponta da vara) e, por fim, caso seja rentável, efetua-se a reparação da conduta. Caso contrário, apenas se regista a existência de fuga naquele local (Oliveira, 2013).

De notar que o ruído das fugas de água é mais fácil de detetar em condutas de ferro (FF, FFD) comparativamente com condutas de plástico (PVC, PEAD), devido à ductilidade destes materiais, isolando o som e tornando-o de mais difícil deteção (Oliveira, 2013).

### 2.2.6.3 NÍVEL ECONÓMICO DE PERDAS

Detetadas as fugas e roturas, é necessário proceder-se à avaliação da rentabilidade da redução das perdas. O Nível Económico de Perdas (NEP) é definido como a situação em que o custo marginal do controlo ativo de perdas equilibra o custo marginal da água perdida, ou seja, o NEP existe na mais baixa combinação possível entre o custo das ações de controlo de perdas e o preço da água desperdiçada. Esta noção é aplicada tanto para as perdas reais como para as perdas aparentes (Alegre, et al., 2005).

O NEP varia ao longo do tempo e de sistema para sistema, em função da pressão e frequência de roturas, disponibilidade financeira da EG, imposições/recomendações da Entidade Reguladora, alteração do modo de operação do sistema, custo/valor da água, estado de conservação das infraestruturas e órgãos acessórios, tecnologia usada para deteção, localização e reparação de fugas, entre outros (Gomes, 2011).

A Figura 2.21 mostra, de uma forma simplificada, o conceito de Nível Económico de Perdas Reais (NEPr) em termos de custo da água e do controlo ativo de perdas.

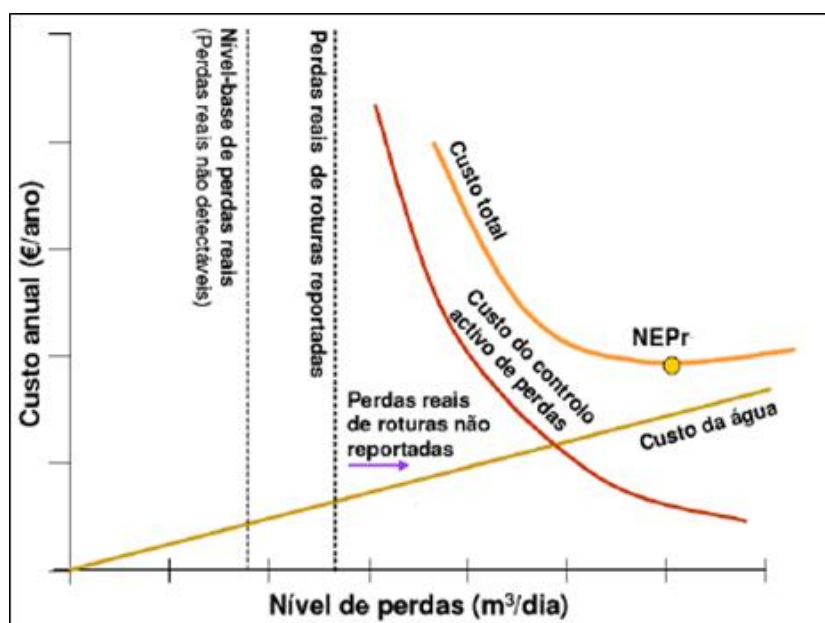


Figura 2. 21- Nível económico de perdas reais (Alegre, et al., 2005)

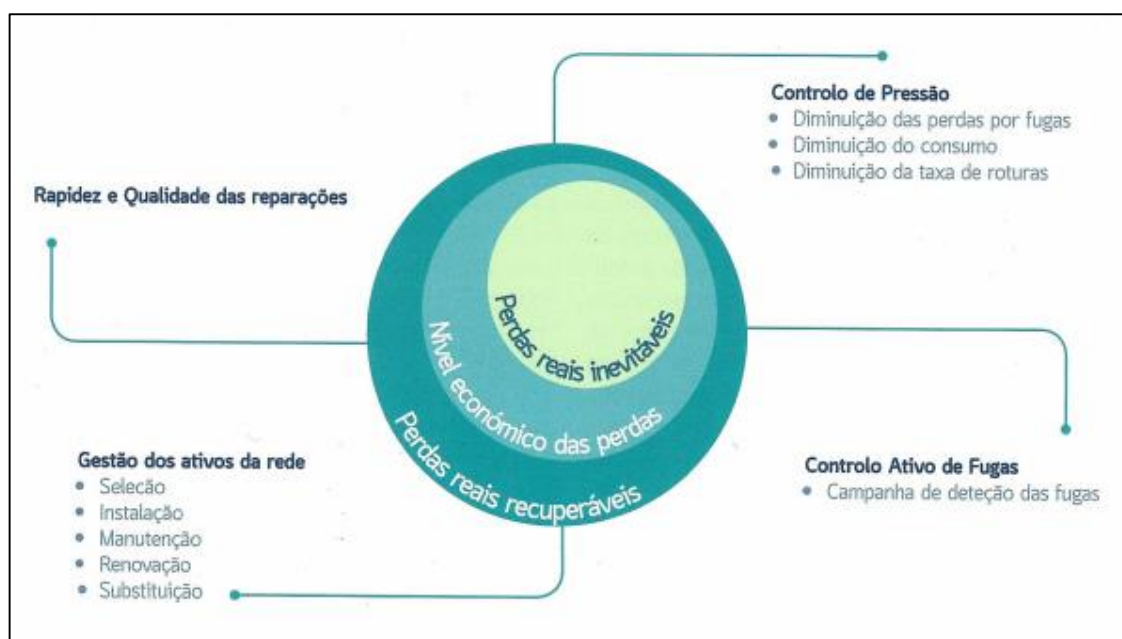
Na figura anterior, pode-se verificar que com o aumento das perdas, o custo total da água aumenta, enquanto que os custos de controlo ativo de perdas diminuem, uma vez que não é necessário um grande esforço para manter os níveis de perdas elevados (Alegre, et al., 2005). O mínimo da curva total, resultante da soma da curva dos custos do controlo ativo de perdas e os custos da água, corresponde ao NEPr (ou NEP).

Uma vez alcançado o NEP (reais e aparentes), este deve permanecer em níveis considerados tecnicamente viáveis e economicamente aceitáveis.

Existem casos em que o nível de perdas é elevado, mas mesmo assim não é compensatória a reparação das roturas ou substituição das condutas. Contrariamente, existem casos em que o nível de perdas é reduzido, mas é importante intervir, uma vez que os resultados alcançados compensam o investimento, anulando-o ao fim de um certo prazo. No entanto, nem todas as EG estão disponíveis financeiramente para realizar estes investimentos, que por vezes são bastante avultados.

De qualquer forma, deve-se ter em conta que qualquer iniciativa relacionada com o combate às perdas deve ser integrada num programa contínuo, para o qual devem fazer parte a análise custo/benefício, a disponibilidade de recursos e ainda o período de recuperação dos investimentos realizados (Gomes, 2011).

As estratégias a adotar em caso de necessidade de redução das perdas reais, bem como os parâmetros relacionados com o NEP encontram-se indicadas na figura seguinte (Figura 2.22):



**Figura 2. 22-** Vertentes principais da redução das perdas reais (Sardinha, et al., 2015)

#### **2.2.6.4 Iniciativas para o combate às perdas reais**

Como se pode verificar na figura anterior (Figura 2.22), as iniciativas para o combate das perdas reais são: o controlo de pressão e a gestão dos ativos da rede, nomeadamente, seleção, instalação, manutenção, renovação e substituição de condutas e a rapidez e qualidade das reparações.

#### 2.2.6.4.1 CONTROLO DA PRESSÃO

Num SAA, a pressão varia ao longo do dia e ao longo do perfil da conduta, pelo que a gestão da pressão passa por aumentar ou diminuir a pressão em diferentes locais da rede. Este processo pode ser conseguido através da otimização do funcionamento de estações elevatórias com grupos de elevação com velocidade variável, recorrendo à divisão da rede e através da instalação de dispositivos de redução de pressão, tais como câmaras de perda de carga e válvulas redutoras de pressão (Gomes, 2011).

Os principais benefícios resultantes de uma correta gestão de pressão são (Alegre, et al., 2005):

- Redução do caudal de perdas;
- Redução do consumo em dispositivos sujeitos à pressão do sistema público;
- Estabilidade da pressão na rede de distribuição;
- Proteção do estado estrutural da rede;
- Redução do número de novas roturas;
- Garantia dos caudais de incêndio.

O efeito da redução da pressão sobre as perdas reais pode ser expresso pela seguinte expressão:

$$Q_{final} = Q_{inicial} \times \left( \frac{P_{final}}{P_{inicial}} \right)^n \quad (2.8)$$

Em que:

$Q_{final}$ - caudal de perdas após redução da pressão (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{inicial}$ - caudal de perdas antes da redução de pressão (m<sup>3</sup>/s)

$P_{final}$ - pressão final após redução (m)

$P_{inicial}$ - pressão inicial anterior à redução (m)

n- expoente que pode variar consoante o material, tipo de fuga e qual a fuga predominante.

O valor de n é determinado experimentalmente em laboratório ou em setores de rede de distribuição. Considerando os dados disponíveis de estudos em vários países, surge a seguinte tabela (Alegre, et al., 2005):

**Tabela 2. 6-** Valores recomendados para o expoente n

Valor típico de n	Aplicação
n = 0,5	Fugas significativas, detetáveis, em condutas de materiais metálicos (fugas em orifícios de área fixa)
n = 1,0	Em caso de desconhecimento do material ou nível de perdas reais
n = 1,5	Pequenas fugas, indetetáveis, por exemplo em juntas e ligações, são muito sensíveis à variação de pressão, independentemente do tipo de material
n ≥ 1,5	Fugas significativas, detetáveis, em condutas de materiais plásticos (fugas em orifícios de área variável)

O dispositivo de redução de pressão mais utilizado pelas entidades gestoras é a válvula redutora de pressão (VRP). As VRP têm como principal vantagem poderem ser implementadas em qualquer zona da rede de distribuição de água e permitirem ajustar a pressão a jusante ao consumo efetivo, de forma permanente ou ao longo do tempo (Gomes, 2011).

Genericamente, o princípio de funcionamento de uma VRP consiste em acionar o dispositivo de obturação sempre que a pressão a jusante for demasiado elevada, por forma a aumentar a perda de carga localizada no sistema, reduzindo o valor da pressão a jusante até ao valor pretendido. Se pelo contrário, a pressão a jusante descer abaixo de um determinado valor, a válvula abre e diminui a perda de carga, aumentando a linha de energia e a pressão a jusante atinge o valor pretendido (Ramos, et al., 2004).

A pressão para a qual a VRP é regulada deve garantir os valores de serviço exigidos no RGSPDADAR, em que a pressão não deve exceder os 600 kPa e não deve ser inferior a 100 kPa, sendo que as oscilações não devem ser superiores a 300 kPa.

Segundo o mesmo regulamento, as VRP devem ser instaladas em câmaras de manobra que garantam proteção adequada e fácil acessibilidade, dispondo a montante de filtro para retenção de areias e a jusante de manómetro ou dispositivo que permita fácil adaptação do mesmo, para controlo de pressões. Devem ainda ser dotadas de válvulas de seccionamento, a montante e a jusante, e de *bypass* com seccionamento eventualmente amovível, cuja eficiência deve ser permanentemente assegurada, dispensando-se este no caso de válvulas redutoras instaladas em paralelo.



Figura 2. 23- Válvula redutora de pressão

Existem diversos tipos de VRP, sendo as mais comuns: válvulas de mola, de pistão e de diafragma – Figura 2.24.

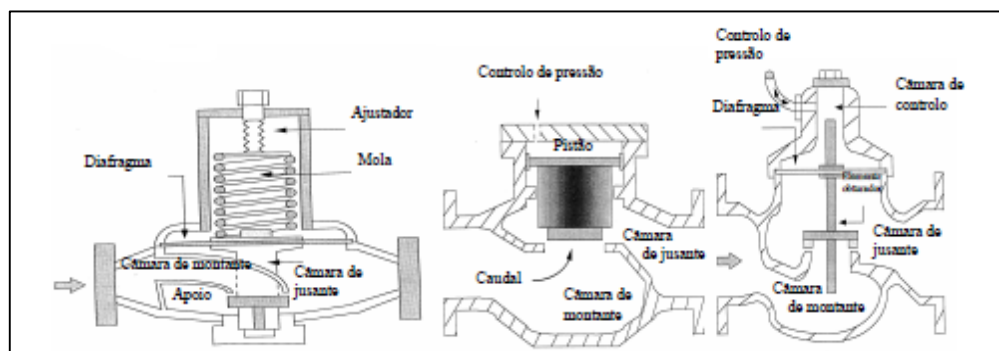


Figura 2. 24- Tipos de VRP: da esquerda para a direita, VRP controlada por mola, VRP controlada por pistão e VRP controlada por diafragma (Ramos, et al., 2004)

As VRP podem ser controladas mecânica ou eletronicamente, de modo a funcionarem, não apenas para um único valor de pressão, mas para diversos patamares de pressão definidos em função da

variação de consumo, permitindo, assim, uma gestão mais eficiente dos níveis de serviço e um melhor desempenho hidráulico do sistema (Ramos, et al., 2004).

Existem, basicamente, quatro sistemas de funcionamento de VPR:

- **VRP com pressão à saída fixa** – recomendada quando a flutuação de consumo ou pressão, ao longo do tempo, não é significativa. Neste caso, a fixação do valor da pressão à entrada de um sector pode ser vantajosa, embora não permita garantir o máximo benefício possível durante a hora de menor consumo (Gomes, 2011);
- **VRP com pressão à saída modulada por tempo** – aconselha-se quando a flutuação do consumo ou pressão, ao longo do tempo, são significativas e regulares. Utilizam-se sobretudo para controlar a pressão a jusante durante o período noturno, onde geralmente as pressões de serviço são mais elevadas e os consumos reduzidos, comparativamente com o período diurno. Apresentam como desvantagens o fato de não ser possível dar resposta a eventuais solicitações do sistema (consumos elevados não previstos, combate a incêndio, entre outros), e, ainda, eventuais problemas de cavitação ou choque hidráulico quando não forem tomadas precauções quanto ao valor máximo admissível para o valor da perda de carga localizada produzida pela válvula (Gomes, 2011);
- **VRP com pressão à saída modulada por caudal** – aplica-se sobretudo quando existe, ou seja previsível, uma grande flutuação do consumo ou pressão ao longo do tempo, causadas pela mudança no perfil de consumos ou variação do tipo de uso. Neste caso, como a atuação da VPR ocorre em função da solicitação da rede (consumo), deve estar associada sempre a um medidor de caudal (Gomes, 2011);
- **VRP com pressão à saída modulada por pressão no ponto crítico** – tal como na VPR anterior, também o controlo desta VPR está relacionado com as solicitações no sistema. No entanto, em vez de considerar o caudal à entrada da zona de medição, este depende da pressão requerida em vários pontos da rede, entre os quais o ponto crítico (zona do sistema onde será mais difícil garantir a pressão mínima de funcionamento durante as horas de maior consumo, tais como hospitais, escolas, indústrias, marcos de incêndio, ponto mais afastado e/ou mais alto da rede, entre outros). Pode existir mais do que um ponto crítico no sistema, no entanto, para um dado instante apenas um é considerado o mais desfavorável. Nestas circunstâncias, a atuação da VPR é sistematicamente ou periodicamente controlada por telemetria, via rádio, ou telefone de rede fixa ou móvel, em função da pressão verificada no ponto crítico, tendo como objetivo ajustar a pressão ao valor de referência pretendido (Gomes, 2011).

#### 2.2.6.4.2 GESTÃO DOS ATIVOS DA REDE

- **Reparação de fugas e roturas:**

Quanto mais rápida for a deteção e reparação de uma fuga ou rotura, melhor para a EG, uma vez que menos água é perdida e consequentemente menos perdas financeiras existem. Também a qualidade da reparação é de extrema importância, uma vez que caso uma rotura seja mal reparada, a probabilidade de voltar a ocorrer nesse local é maior, tendo sido os gastos financeiros mal empregues.

- **Substituição das condutas:**

A substituição de condutas é feita quando estas se encontram demasiado envelhecidas, corroídas (Figura 2.25) e com bastantes roturas, sendo este um processo com custos avultados. Além disto, também se realiza a substituição quando se pretende aumentar o caudal de passagem na rede, colocando-se novas condutas com um diâmetro superior.



**Figura 2. 25-** Corrosão de uma conduta de aço com 30 anos de vida útil

- **Evitar extravasamentos nos reservatórios:**

A quantidade de água dentro de um reservatório pode ser controlada através da instalação de medidores de nível, evitando assim extravasamentos.

- **Reparação e impermeabilização das superfícies dos reservatórios:**

Com o decorrer do tempo, os reservatórios acabam por conter fissuras nas suas paredes. Estes são normalmente constituídos por duas células, permitindo que na reparação e/ou impermeabilização de um reservatório, uma das células se encontre em funcionamento, evitando assim que o sistema seja interrompido.

## **2.2.7 MONITORIZAÇÃO E SETORIZAÇÃO DA REDE**

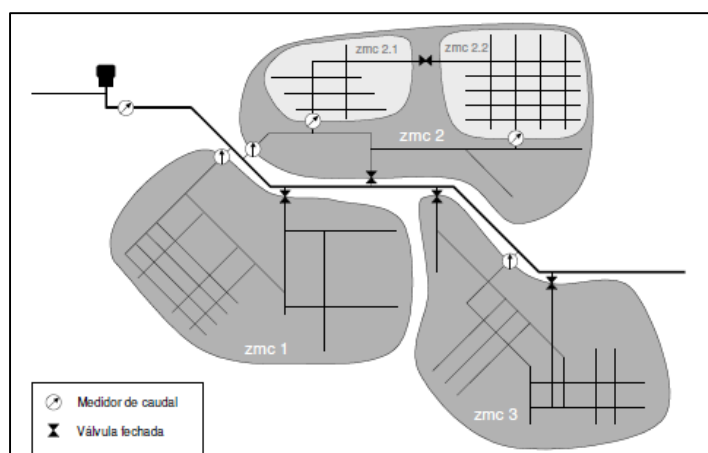
A adoção de uma política de monitorização do sistema de abastecimento para o controlo de perdas pressupõe a setorização da rede em zonas, de forma a obter-se informação detalhada sobre o balanço de caudais e o comportamento de consumos, possibilitando o cálculo do nível de fugas, bem como a obtenção de indicadores necessários para a tomada de decisões relativos a intervenções na rede (Alegre, et al., 2005), (Sardinha, et al., 2015). Para o efeito, torna-se imperativo considerar uma série de condições e ações a aplicar sobre a rede que requerem o seu prévio e profundo conhecimento, nomeadamente as suas características e modo de funcionamento.

A implementação de um sistema monitorizado requer a existência preferencial de algumas ferramentas base: Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sistema de Informação de Gestão de Clientes (SIGC), Modelo Digital do Terreno (MDT) e um modelo hidráulico do sistema. Não sendo estas ferramentas essenciais para a implementação de um sistema de monitorização e controlo de

perdas, são muito importantes para a qualidade dos resultados e para a otimização global do mesmo, potenciando a eficiência de todo o processo (Sardinha, et al., 2015).

### 2.2.7.1 Zonas de Monitorização e Controlo

A primeira abordagem da setorização da rede em zonas foi aplicada em 1980, no Reino Unido. Estas foram definidas como Zonas de Medição e Controlo (ZMC). Contudo, dado os avanços tecnológicos de transmissão de dados, associados aos equipamentos de medição de caudal instalados, a setorização da rede permite atualmente a efetiva monitorização dessa informação, pelo que faz mais sentido adotar a designação de Zonas de Monitorização e Controlo, mantendo-se a sigla ZMC (Sardinha, et al., 2015).



**Figura 2. 26-** Sistema de medição zonada, com 3 zonas principais, estando a ZMC 2 subdividida em 2 subzonas (Alegre, et al., 2005)

Cada ZMC é constituída por um determinado número de pontos a abastecer e um único ponto de entrada e outro de saída de caudal, onde são realizadas as necessárias medições com vista ao controlo da pressão e do escoamento (manómetros e caudalímetros, respetivamente). Dentro das ZMC podem existir Sub-Zonas de Monitorização e Controlo (SZMC), como é possível verificar na Figura 2.26 (as zmc 2.1 e zmc 2.2), cuja existência se deve ao fato de terem de ser instaladas VRP ou outros instrumentos de medição e controlo suplementares e assim criarem novas zonas limitadas dentro das ZMC respetivas (Oliveira, 2013).

Existem inúmeras vantagens associadas à criação de ZMC (Oliveira, 2013):

- As áreas dentro do SAA são mais reduzidas, logo mais fáceis de controlar;
- A implementação de medidas de combate a perdas reais torna-se mais fácil;
- A identificação de fugas de água é mais rápida;
- Em caso de fuga, a deteção e a rapidez da resposta é maior, portanto menor o tempo de fuga;
- Melhor otimização da pressão;
- Menores volumes de água perdidos;
- Redução dos encargos financeiros associados às perdas de água.

Paralelamente existem também algumas desvantagens quanto à setorização do SAA em várias ZMC (Oliveira, 2013):



- Diminuição do número de alternativas de abastecimento devido à única entrada de caudal em cada ZMC;
- Criação de pontos extremos adicionais da rede;
- Alteração e/ou variação do sentido do escoamento;
- Modificação da velocidade do escoamento em determinados troços críticos de condutas.

Não existe uma regra específica para determinar a dimensão de uma ZMC. Esta depende muito da experiência de cada país ou de cada EG, dos condicionalismos locais, da densidade populacional e da densidade de ramais. Há ZMC's que foram dimensionadas tendo em conta o número de ramais e outras tendo em conta a extensão da rede. Certos países como a Alemanha, por exemplo, defendem que uma ZMC deve conter entre 300 a 600 ramais, outros como a Inglaterra, por exemplo, defendem que esta deve conter entre 500 a 3000 ramais. Quanto à extensão da rede há quem defenda que esta deve rondar pela ordem dos 10 km, em zonas urbanas densas (Alegre, et al., 2005).

No entanto, existem fatores que devem ser considerados para um correto dimensionamento de uma ZMC (Sardinha, et al., 2015):

- Área e densidade geográfica dos consumidores;
- Variação das cotas topográficas do traçado da rede e dos pontos de abastecimento;
- Nível Económico de Perdas (NEP);
- Existência de zonas particularmente sensíveis ou críticas para o correto abastecimento.

Depois de dimensionada, uma ZMC pode ser caracterizada em: Urbana, predominantemente urbana, mista, predominantemente rural ou rural. Segundo o LNEC, através de um estudo de 182 ZMC, uma ZMC pode ser caracterizada quanto à sua extensão média de rede, número médio de clientes e número médio de ramais, tal como se pode observar nas figuras seguintes:

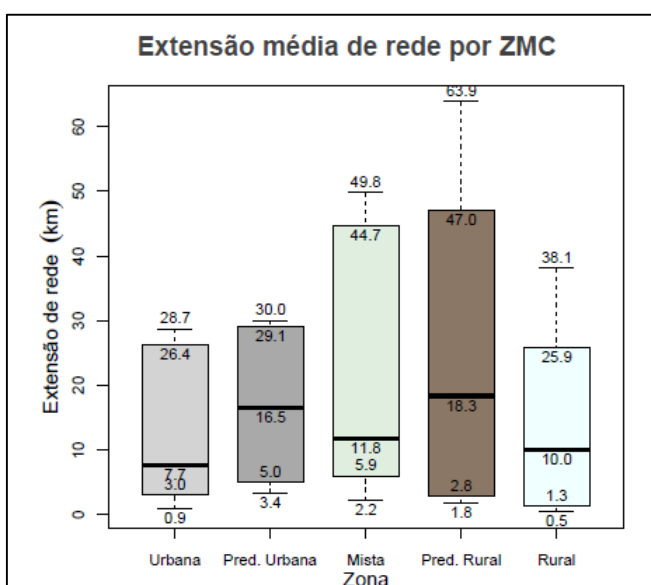


Figura 2. 27- Extensão média de rede por ZMC (LNEC, 2015)

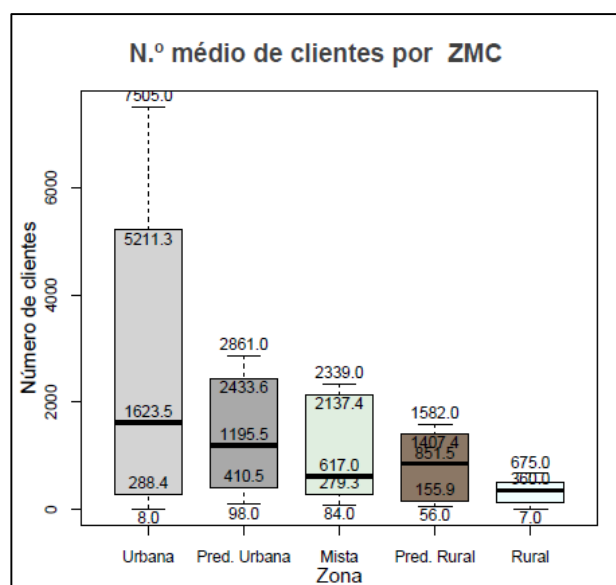


Figura 2. 28- N.º médio de clientes por ZMC (LNEC, 2015)



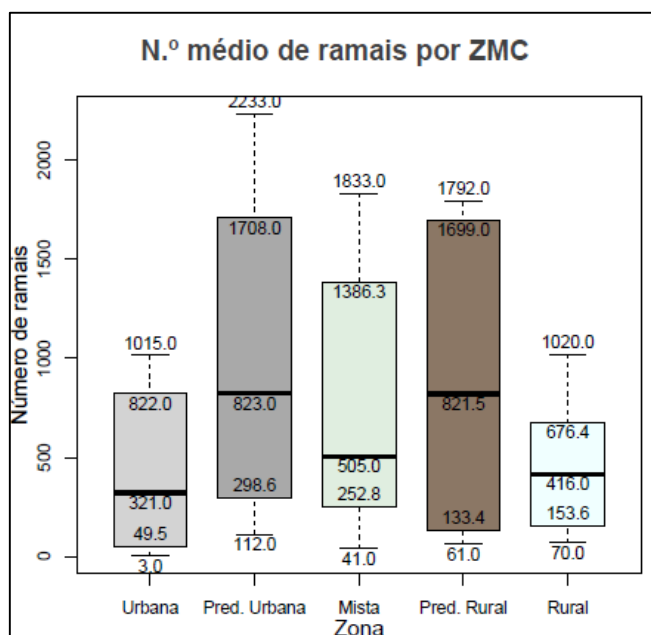


Figura 2. 29- N.º médio de ramais por ZMC (LNEC, 2015)

#### 2.2.7.2 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

O SIG é uma aplicação informática de disponibilização do cadastro da infraestruturas incluindo a respetiva georreferenciação, devendo ser permanentemente atualizado e incluir ainda a representação da cartografia do terreno (Sardinha, et al., 2015).

Quando aplicado a EG de abastecimento de água, o SIG agrega a informação de todas as infraestruturas do sistema, quer seja a sua localização geográfica, quer as respetivas características físicas e não-físicas. Com todas essas informações cadastradas, torna-se assim possível a visualização espacial da abrangência do projeto de setorização da rede, nomeadamente para a criação de ZMC (Sardinha, et al., 2015).

#### 2.2.7.3 Sistema de Informação de Gestão de Clientes (SIGC)

O SIGC é um sistema que agrega todas as informações dos clientes da EG, que deverá possuir uma codificação comum e a interligação com o SIG. Este sistema deve ter a capacidade de poder sistematizar um conjunto vasto e diferenciado de dados (Sardinha, et al., 2015).

Um SIGC deve contemplar 4 áreas preponderantes para a gestão das perdas (Sardinha, et al., 2015):

- 1- Cadastro físico e correta associação dos clientes aos ramais existentes;
- 2- Gestão do parque de contadores;
- 3- Leitura e faturação dos volumes fornecidos;
- 4- Relatórios e indicadores de gestão.

#### 2.2.7.4 Modelo Digital do Terreno (MDT)

O MDT consiste num conjunto de dados em suporte numérico que para uma dada zona permite associar a qualquer ponto um valor correspondente à sua altitude (Sardinha, et al., 2015).

### **2.2.7.5 Modelo hidráulico do sistema**

Consiste numa ferramenta informática que permite analisar e prever o comportamento hidráulico do sistema, a partir das características dos seus componentes, da sua forma de operação e dos consumos solicitados (Sardinha, et al., 2015).

## **2.3 CONCLUSÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA**

Através da pesquisa bibliográfica realizada, é notável que os serviços de AA são essenciais para a coesão social, para o desenvolvimento sustentável e para o desenvolvimento económico das populações servidas.

Nos últimos anos, o setor tem sofrido grandes progressos, fruto de uma complexa interação de fatores de natureza tecnológica, económica, institucional e política. Contudo, o setor encontra-se ainda com problemas de sustentabilidade, sendo necessário encontrar um equilíbrio tarifário, uma melhor regulação e melhorar a eficiência das EG, num futuro próximo. Desta forma, surgiu a *Reestruturação do Sector das Águas* que pretende atingir os seus objetivos até 2020.

Tendo em conta o tema desta dissertação, ao longo desta pesquisa salientou-se a problemática das perdas de água nos SAA. Segundo o PENSAAR 2020, existe um elevado desconhecimento do volume de água perdida por perdas reais por parte das EG, especialmente nos sistemas em baixa.

Nas redes de distribuição, é inevitável existirem perdas de água, embora nas mais recentes, mais bem construídas e mantidas estas perdas sejam em pouca quantidade. Esta problemática pode ocorrer devido a falhas nas infraestruturas das redes de abastecimento - perdas reais - ou devido a consumos ilícitos e/ou a erros de medição - perdas aparentes - e comprometem a sustentabilidade económica e financeira das EG.

A IWA confrontada com a necessidade de avaliar o volume de perdas de água e os seus componentes, permitindo uma comparação internacional entre os desempenhos de diferentes EG, apresentou uma ferramenta que veio constituir-se como base de toda a análise - o Balanço Hídrico.

Conhecido o volume de perdas de água, avalia-se a necessidade de implementação de medidas de redução, que por sua vez permitem um aumento da faturação, podendo vir a ser suficiente para cobrir os investimentos realizados, sem ser necessário aumentar as tarifas aos consumidores. No entanto, não se deve promover a redução de perdas de uma forma generalizada sem que seja precedida de uma análise prévia, nomeadamente do nível económico de perdas

A adoção de uma política de monitorização do sistema de abastecimento para o controlo de perdas pressupõe a setorização da rede em zonas, isto é, em Zonas de Monitorização e Controlo. Estas permitem obter informação detalhada sobre o balanço de caudais e o comportamento de consumos, possibilitando o cálculo do nível de fugas, bem como a obtenção de indicadores necessários para a tomada de decisões relativos a intervenções na rede. Contudo, importa ter em consideração que nem sempre a implementação de ZMC's é vantajosa.

# 3

## ÂMBITO E OBJETIVOS

### 3.1 ÂMBITO

Com o decorrer da pesquisa bibliográfica, foi possível constatar a importância que as perdas de água têm na eficiência das EG. Embora as perdas reais existam em todas as redes de distribuição, estas podem ser reduzidas consideravelmente com um adequado controlo e monitorização.

De forma a avaliar a eficiência de uma EG é indispensável a determinação de um BH, bem como dos indicadores de desempenho, embora a determinação de todos os seus componentes não seja fácil, sendo na maior parte das vezes necessário recorrer a estimativas.

O componente mais importante na análise da eficiência de uma entidade é a ANF. Sempre que se verifiquem valores superiores ao limiar técnico aceitável imposto pela ERSAR, é importante tomar medidas de redução de perdas, nomeadamente, a gestão da pressão na rede, o controlo ativo, a reparação rápida das roturas e fugas e, em último caso, a substituição de condutas. Desta forma, a monitorização de um SAA é crucial para o controlo das perdas e para uma melhor qualidade de serviço das entidades.

A adoção de uma política de monitorização do sistema de abastecimento pressupõe a setorização da rede em zonas, isto é, em Zonas de Monitorização e Controlo (ZMC), permitindo obter informações mais detalhadas e um melhor conhecimento da rede.

A presente dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial na Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA., onde foi concedida a disponibilidade de acesso a todos os dados necessário para se conseguir cumprir os objetivos deste trabalho.

### 3.2 OBJETIVOS

Com a realização desta dissertação, pretende-se como objetivo principal avaliar os custos e benefícios de possíveis medidas de redução de perdas reais numa zona do SAA da Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, S.A.

Assim sendo, os objetivos parcelares são os seguintes:

- Analisar e descrever a zona em estudo;
- Determinação do Balanço Hídrico das ZMC's;
- Retirar conclusões a cerca da dificuldade da determinação do Balanço Hídrico;
- Apresentar soluções para facilitar a determinação do Balanço Hídrico;

- Calcular os Indicadores de Desempenho;
- Estudo do perfil de consumo de água na zona;
- Estudo do caudal mínimo noturno;
- Realizar o estudo da análise de custo e benefício da reparação das roturas detetadas;
- Localizar uma fuga com auxílio de um equipamento controlo ativo de perdas;
- Estudo da altimetria da zona;
- Estudo de zonas mais suscetíveis à ocorrência de perdas reais;
- Apresentação de soluções para a redução de perdas reais.

## 4

# ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA

### 4.1 O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE VILA NOVA DE GAIA

O AA aos residentes de Vila Nova de Gaia é garantido pela entidade gestora Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA.

Até 1998, os Serviços Municipalizados de Água de Vila Nova de Gaia asseguravam razoavelmente o abastecimento de água, embora registando elevadas perdas. Estes serviços encontravam-se em funcionamento desde 1948 e era evidente a necessidade de investimentos face às crescentes exigências de qualidade do serviço.

Em Abril de 1999, a Câmara Municipal transformou os Serviços Municipalizados de Gaia na Empresa Municipal Águas de Gaia, ao abrigo da Lei n.º 58/98, de 18 de Agosto. Inicialmente, a Águas de Gaia foi criada com o objetivo do abastecimento de água e a recolha de águas residuais no município de Vila Nova de Gaia, mas com o decorrer do tempo o seu objetivo foi sendo sucessivamente alargado, englobando também a limpeza e desobstrução de linhas de água em aglomerados urbanos, a reabilitação e renaturalização de ribeiras e a exploração, manutenção e ampliação de todo o sistema de recolha de águas residuais pluviais do Concelho de Vila Nova de Gaia. (2015)

A 1 de Janeiro de 2011, o Município procedeu à fusão das empresas municipais Águas de Gaia e Parque Biológico de Gaia procurando responder à necessidade de adequar o setor empresarial local do concelho à atual conjuntura económica do país, passando a empresa a denominar-se por Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, S.A (Figura 4.1).



**Figura 4. 1-** Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA (Águas e Parque Biológico de Gaia, 2015)

Nas tabelas seguintes é possível observar o perfil da entidade gestora (Tabela 4.1) e do sistema de abastecimento (Tabela 4.2) em causa:

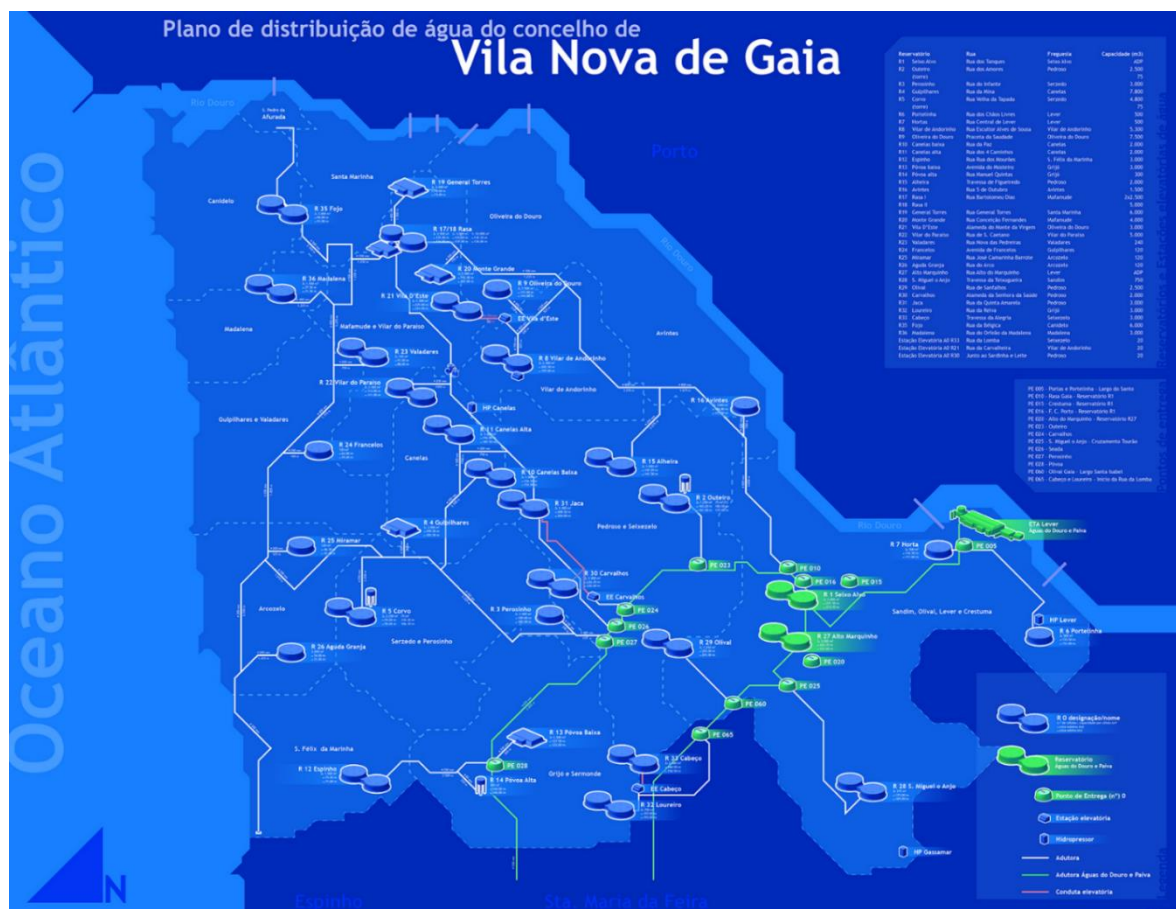
**Tabela 4. 1-** Perfil da entidade gestora Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA.

Modelo de gestão	Delegação
Entidade Titular	Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia
Composição acionista (%)	100% Município
Tipo de serviço	Em baixa
Sistema em alta utilizado	Águas do Douro e Paiva, S.A.
Alojamentos servidos	119879
Tipologia da área de intervenção	Área predominantemente urbana

**Tabela 4. 2-** Perfil do SAA da Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA

Rede de distribuição (km)	1492,3
Estações elevatórias (nº)	3
Reservatórios (nº)	32
Capacidade de reserva (dias)	2,2
Comprimento médio dos ramais (m)	6
Pressão média de operação (bar)	5

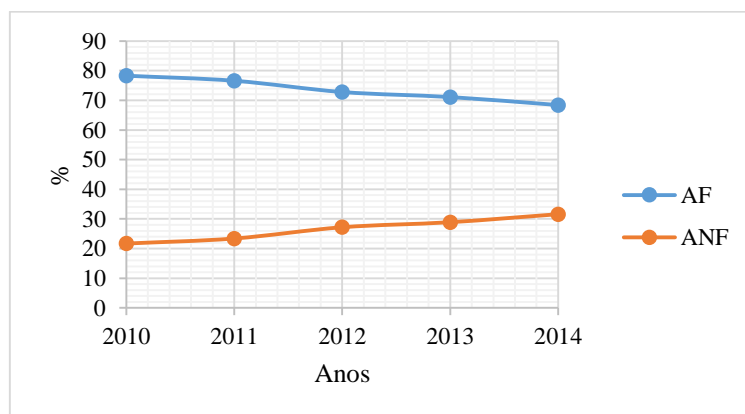
Na figura seguinte (Figura 4.2) é possível observar o plano de distribuição de água do concelho de Vila Nova de Gaia.



**Figura 4. 2-** Mapa do Plano de distribuição de água no concelho de Vila Nova de Gaia (2015)

## 4.2 AS PERDAS DE ÁGUA NA ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA

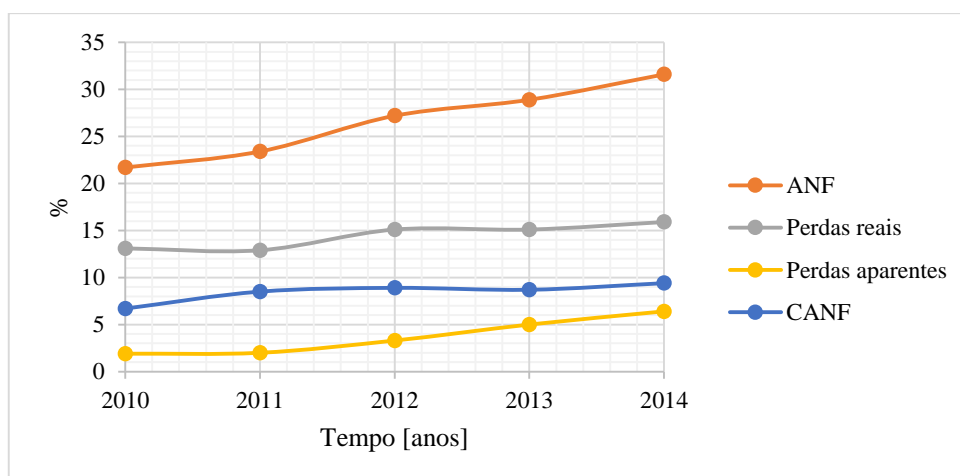
A Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA, tem vindo a sofrer um aumento da ANF e uma diminuição da AF, ao longo dos últimos 5 anos, como é possível verificar no Gráfico 4.1.



**Gráfico 4. 1-** Evolução da ANF e da AF na Águas e Parque Biológico de Gaia, ao longo dos últimos 5 anos

Face a estes valores, estão a ser implementadas novas medidas de controlo e redução das perdas, através da implementação faseada de medidas de renovação do parque de contadores, controlo online das redes de distribuição e implementação de ZMC's em praticamente todo o SAA, o que permitirão à empresa possuir indicadores com melhores resultados, num futuro próximo.

No gráfico seguinte (Gráfico 4.2) é possível observar-se a evolução, ao longo dos últimos 5 anos, dos vários componentes em que se divide a ANF.

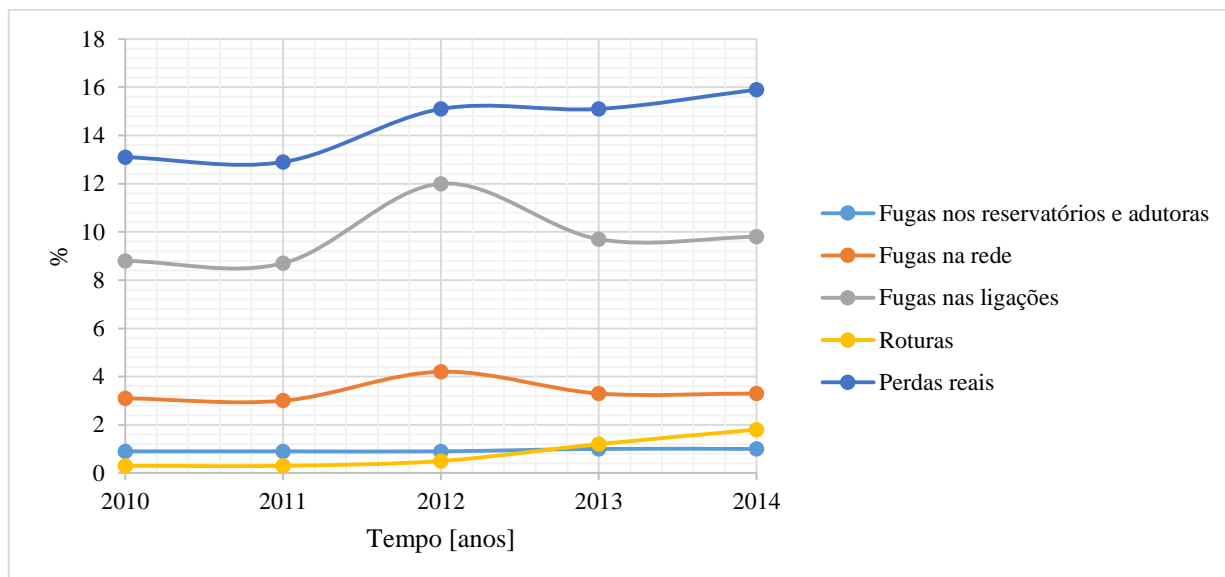


**Gráfico 4. 2-** Evolução da ANF e dos seus componentes, ao longo dos últimos 5 anos na Águas e Parque Biológico de Gaia

Pela análise gráfica é possível verificar que todos os componentes sofreram um aumento e que o que possui uma maior percentagem é o das perdas reais. As perdas aparentes é o componente que tem menor percentagem, mas apesar disto, foi o que obteve um maior crescimento nos últimos anos (um aumento de 4,5%). Este aumento deve-se essencialmente à crise económica e financeira que o país está a atravessar.

#### 4.2.1 PERDAS REAIS NA ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA, EM, S.A.

Uma vez que o tema desta dissertação é sobre perdas reais, no gráfico seguinte (Gráfico 4.3) encontra-se a evolução das perdas reais e dos seus componentes ao longo dos últimos 5 anos.



**Gráfico 4. 3-** Evolução das perdas reais e dos seus componentes ao longo dos últimos 5 anos, na Águas e Parque Biológico de Gaia

Analisando o gráfico anterior é possível observar-se que o componente com maior influência nas perdas reais é o das fugas nas ligações. Além disto é de notar que ocorreu um aumento das fugas na rede e nas ligações em 2012, verificando-se ainda que estes valores diminuíram em 2013, fruto de investimentos e medidas tomadas. Quanto às roturas, verifica-se que existe um aumento de 1,5% de 2012 para 2014.

Para a deteção de fugas e roturas, a empresa possui os seguintes equipamentos de CAP: correladores acústicos, *data loggers* e varetas acústicas.

A Águas e Parque Biológico de Gaia tem vindo a realizar investimentos para a redução de perdas reais. Esta tem vindo a investir na compra de mais equipamentos de CAP, no revestimento dos reservatórios em argamassa cimentícia de impermeabilização, de forma a aumentar a preservação das paredes, e na implementação de ZMC's com o objetivo de num futuro próximo toda a área estar dividida por zonas.

Além disso, encontra-se na fase de desenvolvimento e implementação uma ferramenta informática, *Dashboard*, que permite à empresa obter uma maior eficácia de monitorização da rede, visto que esta realiza a determinação de Balanços Hídricos, dos indicadores de desempenho, do nível-base de perdas, entre outros, sendo mais fácil para a empresa saber onde é necessário focar a sua atenção.



#### 4.2.2 BALANÇO HÍDRICO DE 2014

Na figura seguinte (Figura 4.3) é possível observar-se o BH de 2014 da empresa.

Balanço Hídrico de 2014				
Água entrada no sistema 18297752 m³/ano	Consumo autorizado 14225165 m³/ano; 77,7 %	Consumo autorizado faturado 12508664 m³/ano; 68,4 %	Consumo faturado medido 7141784 m³/ano; 39,0 %	Água faturada 12508664 m³/ano; 68,4 %
			Consumo faturado não medido 5366880 m³/ano; 29,4 %	
		Consumo autorizado não faturado 1716501 m³/mês; 9,3 %	Consumo não faturado medido 0 m³/ano; 0,0 %	Água não faturada 5789088 m³/ano; 31,6 %
			Consumo não faturado não medido 1716501 m³/ano; 9,3 %	
	Perdas de água 4072587 m³/ano; 22,3%	Perdas aparentes 1165351 m³/ano; 6,4 %	Consumo não autorizado 195570 m³/ano; 1,1 %	
			Perdas de água por erros de medição 969781 m³/ano; 5,3%	
		Perdas reais 2907236 m³/ano; 15,9%	Fugas nos reservatórios/adutoras 175385 m³/ano; 1,0 %	
			Fugas na rede 613375 m³/ano; 3,3 %	
			Fugas nas ligações 1792018 m³/ano; 9,8%	
			Roturas 326458 m³/ano; 1,8 %	

**Figura 4. 3-** Balanço Hídrico de 2014 da Águas e Parque Biológico de Gaia (Águas e Parque Biológico de Gaia, 2014)

Pela análise do BH de 2014 da Águas e Parque Biológico de Gaia, é possível verificar que a ANF é de 31,6 % da AES e as perdas de água 22,3%.

Segundo a ERSAR, cerca de 17% das EG desconhecem o valor das perdas reais nos seus sistemas. Além disto, em média 35% da água captada, tratada e distribuída pelos sistemas de abastecimento não é faturada, o que corresponde a uma situação claramente insatisfatória. Cerca de 24% corresponde a perdas reais e os restantes 11% a perdas aparentes e a consumos autorizados mas não faturados ou ligações ilegais. Os casos mais graves em termos de água não faturada podem atingir cerca de 70% e surgem nas áreas rurais e mediantemente urbanas, com especial relevância para a região Norte, enquanto os casos de melhor desempenho podem atingir menos de 10% e localizam-se nas áreas urbanas da região Centro e Lisboa e Vale do Tejo. (Apambiente, 2014)

Conclui-se assim que, dado o panorama nacional, a empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, possui valores melhores que a média nacional. Contudo, tal não significa que não seja necessária a tomada de medidas para a redução de perdas de água de forma a melhorar a sua eficiência.

#### **4.2.3 SIG NA ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA**

A empresa Águas e a Parque Biológico de Gaia, EM, S.A., utiliza a ferramenta de SIG *ArcGis Pro*.

Esta ferramenta possui todas as infraestruturas do SAA de Vila Nova de Gaia e é utilizada para a criação de ZMC's. Dadas as vantagens da implementação de ZMC's, a empresa possui atualmente 86 ZMC's delimitadas em que 26 encontram-se já implementadas. O objetivo é implementar 100, de forma a cobrir na totalidade a área que a empresa abastece.

Além da georreferenciação das infraestruturas e da presença da cartografia do sistema, esta ferramenta tem ainda as seguintes informações:

- O material, diâmetro, comprimento e estado de funcionamento das condutas;
- O estado de funcionamento dos grupos elevatórios;
- O diâmetro, tipo e estado de funcionamento das válvulas;
- O tipo, cota de soleira, altura de nível mínimo e máximo, volume máximo e estado de funcionamento dos reservatórios;
- O código de associação com o sistema de clientes, material, diâmetro, comprimento e estado de funcionamento dos ramais de ligação;
- O diâmetro, tipo e estado de funcionamento dos medidores de caudal e contadores;
- A localização e caracterização dos hidrantes, ventosas, descargas de fundo e restantes elementos de rede;
- A delimitação das ZMC – estão representados em polígonos virtuais e possuem cada uma um código e designação.

#### **4.2.4 O SISTEMA DE TELEGESTÃO NA ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA**

A Águas e Parque Biológico de Gaia possui um sistema de telegestão, que permite o controlo de uma grande parte da operação do SAA num único centro de controlo situado no Gabinete de Direção de Águas de Abastecimento (ver Figura 4.4).



**Figura 4. 4-** Centro de controlo telegestão Águas e Parque Biológico de Gaia, EM (2015)

Este sistema de telegestão permite à empresa obter dados diários e horários do caudal que sai dos reservatórios e do caudal que passa em determinados locais em que existem medidores de caudal, assim como a pressão nesses determinados pontos da rede. Permite ainda saber a variação horária da água dentro dos reservatórios, a variação da pressão nas válvulas redutoras de pressão e os níveis de cloro presentes na água, sem que seja necessária a deslocação até aos locais. Apesar de um sistema de telegestão permitir a teleleitura dos consumos dos clientes, a empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, embora reconheça as vantagens de tal operação na gestão do seu sistema, não a realiza, de forma a manter a segurança e a privacidade dos seus clientes.



## 5

# OS CUSTOS E OS BENEFÍCIOS DO CONTROLO DE PERDAS REAIS – Aplicação a duas Zonas de Monitorização e Controlo

Este trabalho consiste na avaliação de custos e benefícios do controlo de perdas reais de uma zona do SAA de Vila Nova de Gaia. A zona escolhida possui duas ZMC's, que são abastecidas pelo mesmo reservatório designado R3, e abrange as freguesias Canelas, Grijó, Perosinho, Sermonde e Serzedo.

A metodologia adotada na execução deste trabalho foi a seguinte:

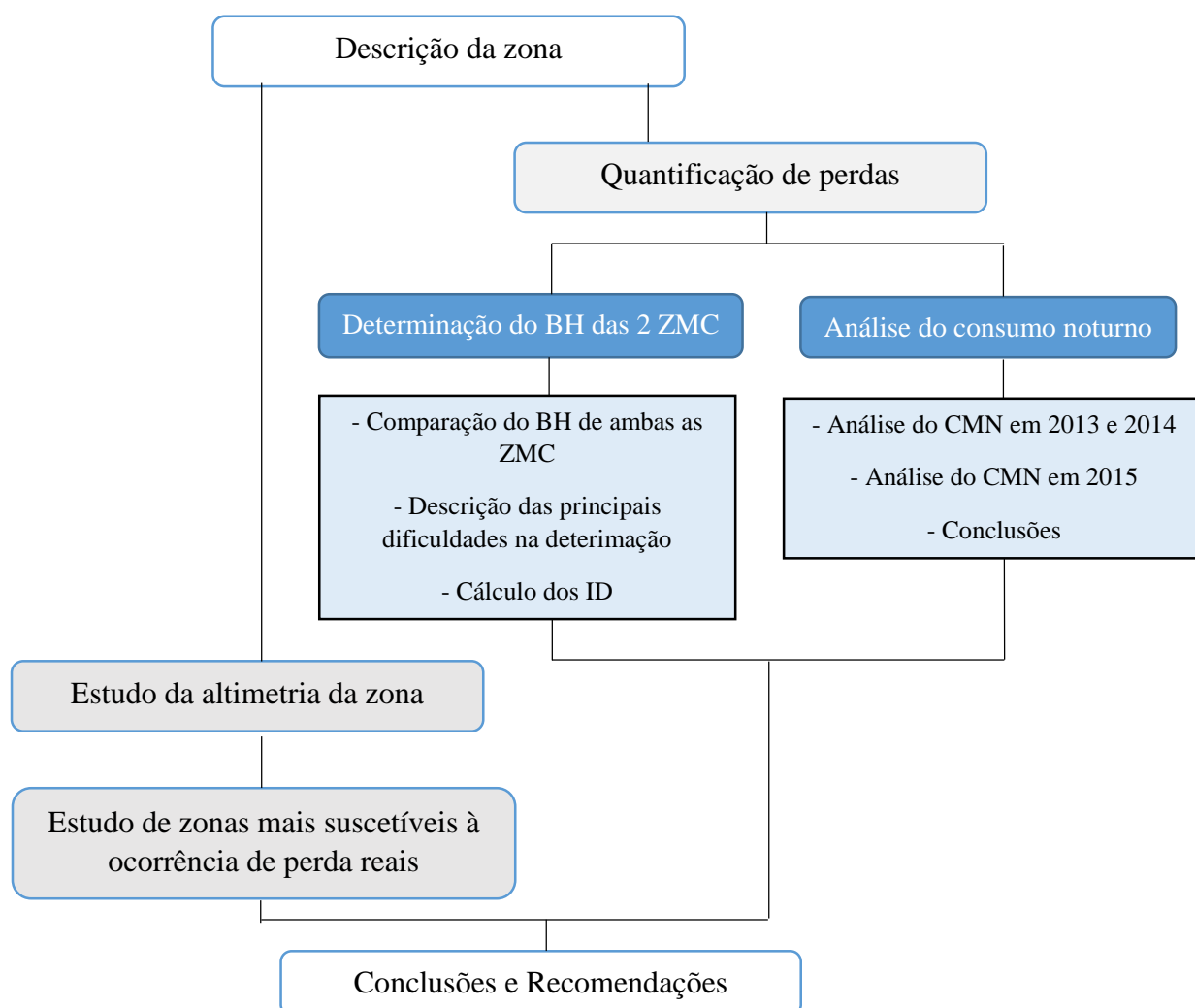


Figura 5. 1- Metodologia adotada na execução do trabalho

## 5.1 DESCRIÇÃO DA ZONA

A zona escolhida para este trabalho tem uma área com cerca de 158,3 km<sup>2</sup> e 3563 clientes. A rede de distribuição é uma rede mista e, como é possível verificar na Tabela 5.1, a maior parte dos consumidores são domésticos.

**Tabela 5. 1-** Tipos de consumidores

Tipo de consumidor	Quantidade	%
Doméstico	3220	91,06
Estado	1	0,03
Autarquia	15	0,42
Comércio, Indústria, Agricultura	297	8,40
Instituições	3	0,08
Total	3563	100

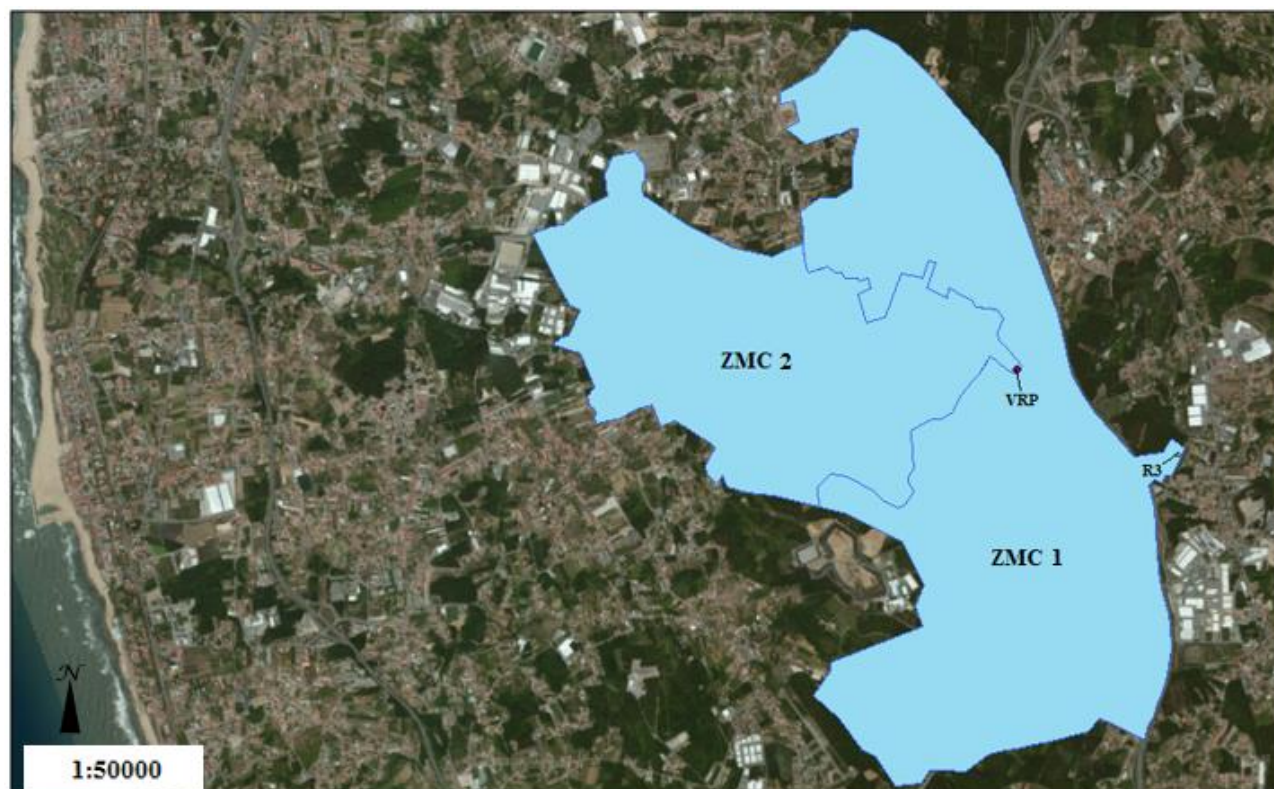
A área em estudo está dividida em 2 ZMC's, que são abastecidas pelo mesmo reservatório (R3). Uma delas, a ZMC 1, é abastecida diretamente pelo reservatório e a ZMC 2 está separada da 1 por uma VRP. Na tabela seguinte (Tabela 5.2) encontram-se as características de cada uma, nomeadamente o número de clientes abastecidos, a extensão da rede e o número de ramais.

**Tabela 5. 2-** Características das ZMC's

	ZMC 1	ZMC 2
Número de clientes	1837	1699
Extensão da rede (km)	≈ 46	≈ 30,3
Número de ramais	1157	841

De acordo com a análise das Figuras 2.27, 2.28 e 2.29 conclui-se que tanto a ZMC 1 como a ZMC 2 podem ser classificadas de ZMC's mistas, isto é, possuem características de ZMC urbana e rural.

Na Figura 5.2, obtida através do programa *ArcGis*, é possível observar-se as duas ZMC's, bem como a localização da VRP e do reservatório de água R3.



**Figura 5. 2** - Identificação das ZMC's, VRP e Reservatório R3 na ZMC em estudo

O reservatório contém duas células, tendo uma capacidade de 3000 m<sup>3</sup> de armazenamento de água. Este encontra-se a uma cota de 185 m, a água varia entre os 5 e os 6 m de altura e foi reparado e impermeabilizado pela última vez em 2013. Quanto à sua limpeza esta é realizada todos os anos, tal como recomenda a ERSAR. A limpeza é importante já que os reservatórios tendem a adquirir na sua superfície interior um biofilme. Este biofilme é o resultado de diversos mecanismos físico-químicos e biológicos que atuam em simultâneo podendo dar origem ao aparecimento de uma coloração nas superfícies do reservatório. À saída do reservatório existe um medidor de caudal eletromagnético, acompanhado de um registo de pressões no local.

A VRP existente é uma válvula hidroestabilizadora a jusante com perda de carga dinâmica e é a responsável pela redução de pressão na ZMC 2. Antes da VRP existe um medidor de caudal eletromagnético, que permite medir o caudal que é distribuído nessa zona.

O comprimento total de tubagens na zona é de 76244 m e o material utilizado é, em toda a rede de distribuição, PVC. Além disto, existem 1998 ramais e 209 hidrantes, sendo 69 marcos de incêndio e 140 bocas de incêndio.

Na Figura 5.3 é possível observar a distribuição das tubagens bem como as suas dimensões (em mm), na Figura 5.4 os hidrantes, na Figura 5.5 as instalações e na Figura 5.6 as válvulas de seccionamento e as válvulas de descarga.

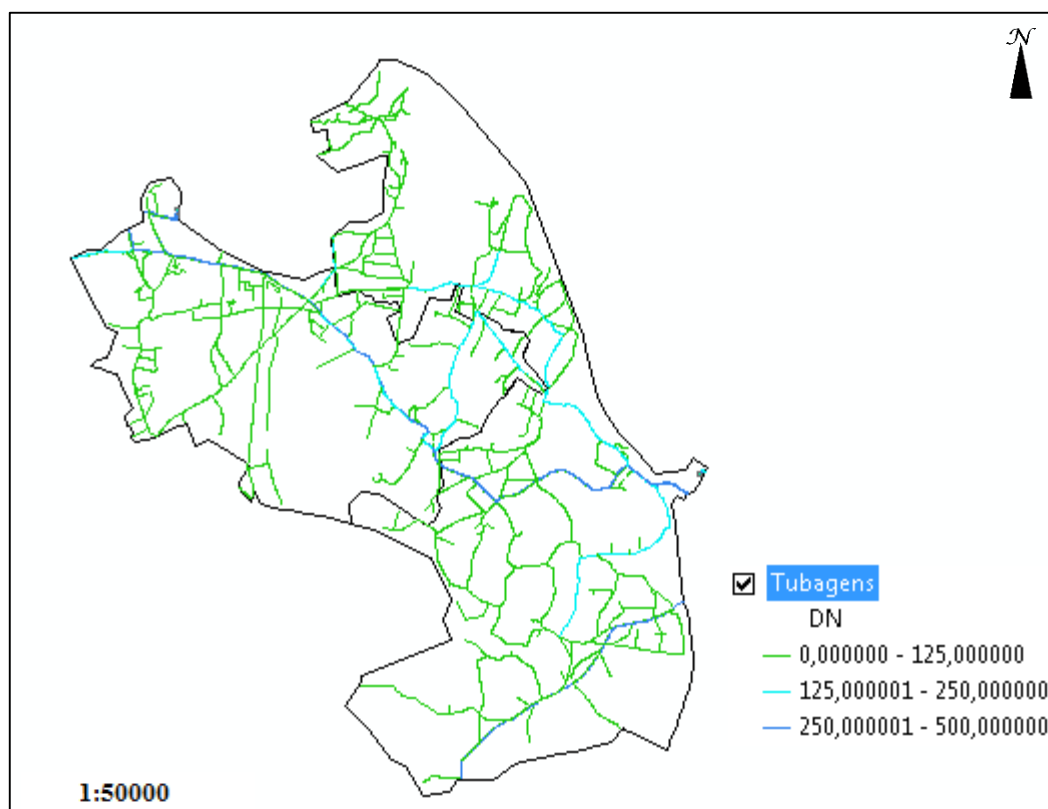


Figura 5. 3 - Tubagens da ZMC

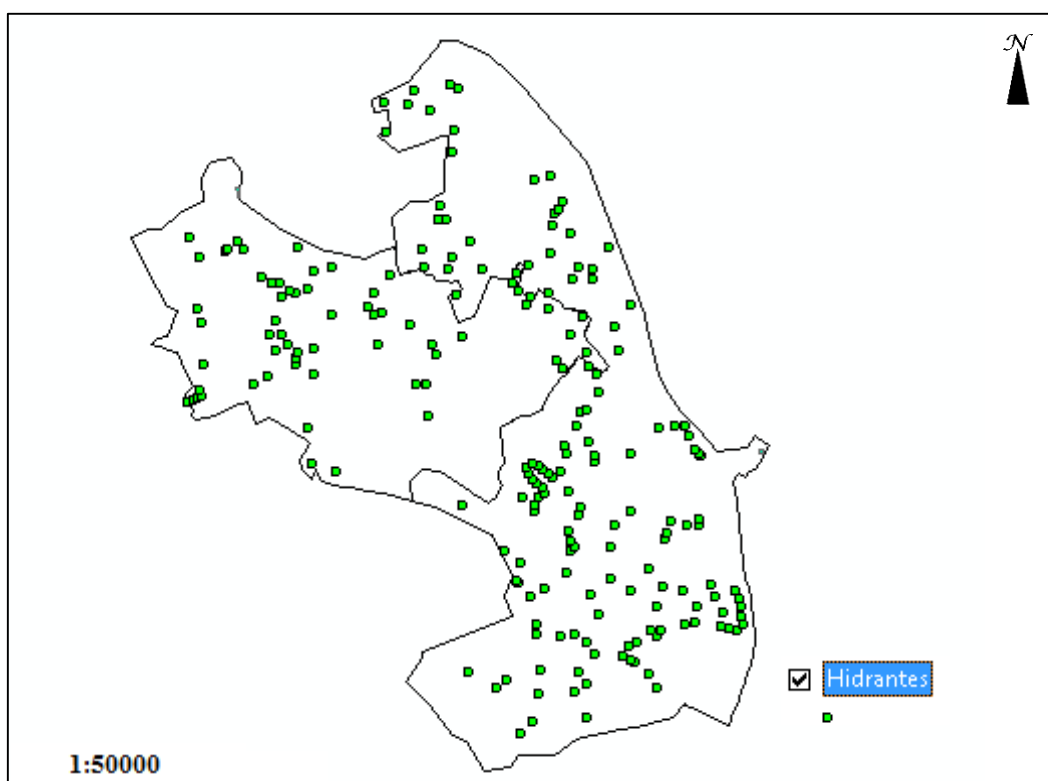


Figura 5. 4- Hidrantes



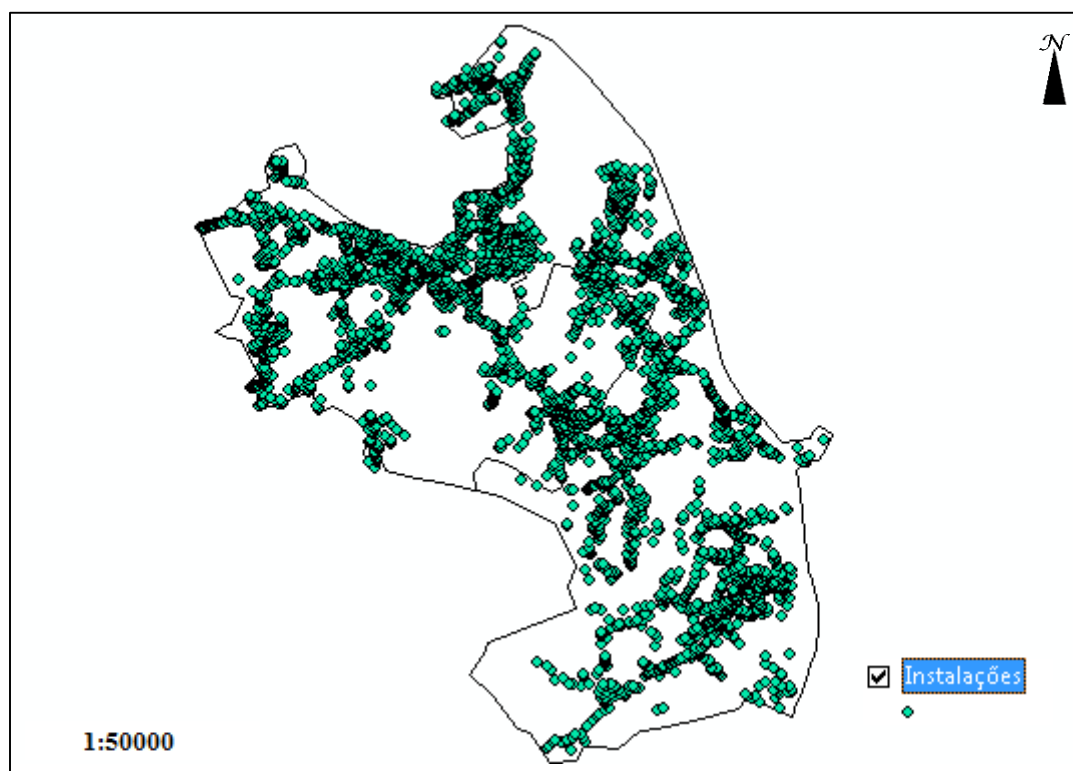


Figura 5. 5 - Instalações

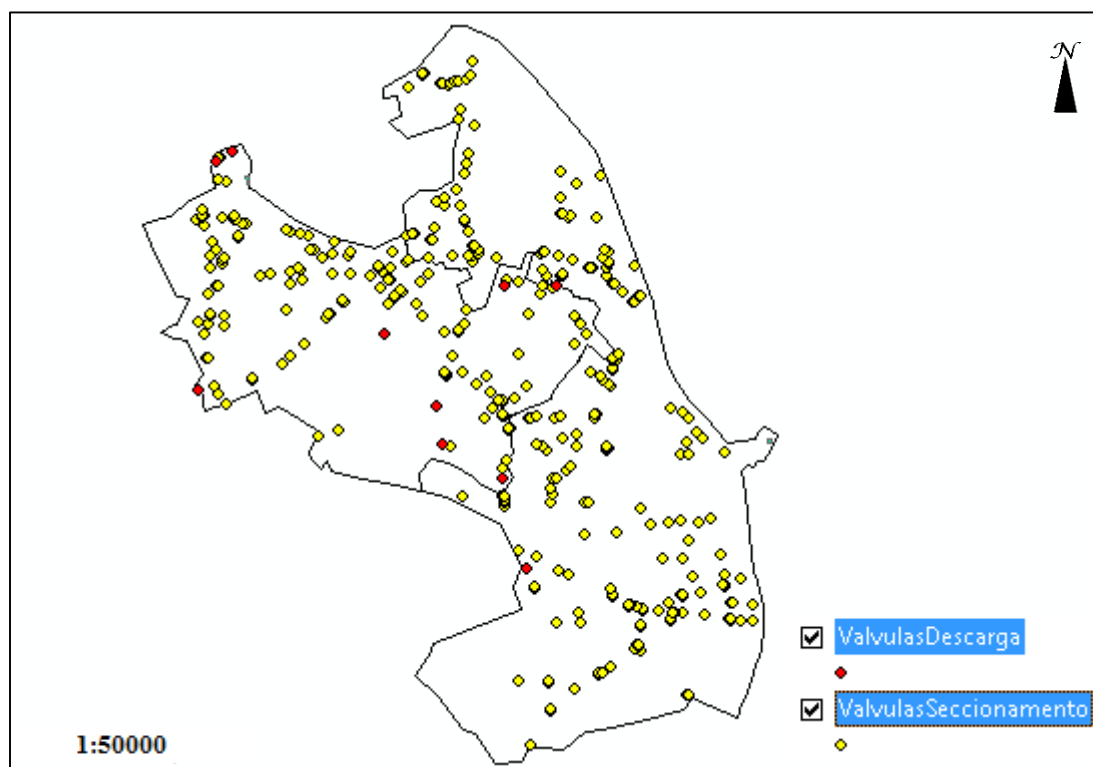


Figura 5. 6- Válvulas de descarga e válvulas de seccionamento

De notar que as válvulas de seccionamento e as de descarga são de extrema importância para o bom funcionamento da ZMC. As válvulas de seccionamento têm a função de permitir o isolamento de troços quando neles se verificarem avarias, quando é necessário proceder à remodelação ou substituição de condutas ou de

órgãos acessórios, à execução de ramais de ligação e permitem ainda se necessário o corte do funcionamento da água a uma zona vizinha. As válvulas de descarga são válvulas de monitorização de pressão. Sempre que se atingem pressões elevadas, elas abrem progressivamente, o que permite diminuir a pressão excessiva.

## 5.2 BALANÇO HÍDRICO DAS ZMC

Com o objetivo de se analisar as perdas de água e a ANF das ZMC's, foram calculados os BH nos 3 primeiros meses de 2015, ou seja, foram calculados 6 BH, como é possível verificar nas duas figuras seguintes.

Tendo em conta o tempo de execução da dissertação (Março a Junho, inclusive), poder-se-iam ter analisado mais meses do ano. Contudo, ocorreu uma avaria do medidor de caudal da ZMC 2, em Abril, não tendo sido ainda reparado ou substituído.

Balanço Hídrico da ZMC 1 em Janeiro, Fevereiro e Março de 2015				
Água entrada no sistema 24 555 m <sup>3</sup> /mês 18 851 m <sup>3</sup> /mês 24 276 m <sup>3</sup> /mês	Consumo autorizado 15 825 m <sup>3</sup> /mês; 64,4% 12 275 m <sup>3</sup> /mês; 65,1 % 14 640 m <sup>3</sup> /mês ; 60,3%	Consumo autorizado faturado 14 774 m <sup>3</sup> /mês; 60,2 % 11 440 m <sup>3</sup> /mês; 60,7 % 13 554 m <sup>3</sup> /mês ; 55,8%	Consumo faturado medido 8 288 m <sup>3</sup> /mês; 56,1 % 6 395 m <sup>3</sup> /mês; 55,9 % 7 428 m <sup>3</sup> /mês ; 54,8%	Água faturada 14 774 m <sup>3</sup> /mês; 60,2 % 11 440 m <sup>3</sup> /mês; 60,7 % 13 554 m <sup>3</sup> /mês ; 55,8%
			Consumo faturado não medido 6 486 m <sup>3</sup> /mês; 43,9 % 5 045 m <sup>3</sup> /mês; 44,1 % 6 126 m <sup>3</sup> /mês ; 45,2 %	
		Consumo autorizado não faturado 1 051 m <sup>3</sup> /mês; 4,3 % 835 m <sup>3</sup> /mês; 4,4 % 1 086 m <sup>3</sup> /mês; 4,5 %	Consumo não faturado medido 0 m <sup>3</sup> /mês; 0,0 % 0 m <sup>3</sup> /mês; 0,0 % 0 m <sup>3</sup> /mês; 0,0 %	Água não faturada 9 781 m <sup>3</sup> /mês; 39,8 % 7 441 m <sup>3</sup> /mês; 39,3 % 10 772 m <sup>3</sup> /mês; 44,2 %
			Consumo não faturado não medido 1 051 m <sup>3</sup> /mês; 4,3 % 835 m <sup>3</sup> /mês; 4,4% 1 086 m <sup>3</sup> /mês; 4,5%	
	Perdas de água 8 730 m <sup>3</sup> /mês; 35,6 % 6 576 m <sup>3</sup> /mês; 34,9 % 9 636 m <sup>3</sup> /mês; 39,7 %	Perdas aparentes 1 214 m <sup>3</sup> /mês; 4,9 % 926 m <sup>3</sup> /mês; 5,0% 1 203 m <sup>3</sup> /mês; 5,0 %	Consumo não autorizado 26 m <sup>3</sup> /mês; 0,1 % 25 m <sup>3</sup> /mês; 0,13 % 28 m <sup>3</sup> /mês; 0,12%	
			Erros de medição 1 189 m <sup>3</sup> /mês; 4,8% 913 m <sup>3</sup> /mês; 4,8 % 1 175 m <sup>3</sup> /mês; 4,8 %	
		Perdas reais 7 516 m <sup>3</sup> /mês; 30,7 % 5 638 m <sup>3</sup> /mês; 29,9 % 8 433 m <sup>3</sup> /mês; 34,7 %	Fugas no reservatório 0 m <sup>3</sup> /mês; 0,0 % 0 m <sup>3</sup> /mês; 0,0 % 0 m <sup>3</sup> /mês; 0,0 %	
			Fugas na rede 5 838 m <sup>3</sup> /mês; 23,8 % 4 854 m <sup>3</sup> /mês; 25,8 % 9 706 m <sup>3</sup> /mês; 40,0 %	
			Fugas nas ligações 881 m <sup>3</sup> /mês; 3,6 % 733 m <sup>3</sup> /mês; 3,9 % 1 106 m <sup>3</sup> /mês; 4,6 %	
			Roturas 796 m <sup>3</sup> /mês; 3,2 % 51 m <sup>3</sup> /mês; 0,3 % 0 m <sup>3</sup> /mês; 0,0 %	

Figura 5. 7- Balanço Hídrico da ZMC 1 em Janeiro (cor azul), em Fevereiro (cor verde) e em Março (cor laranja) de 2015

Analisando a Figura 5.7, é possível verificar que no mês de Janeiro foi quando houve uma maior quantidade de água entrada na ZMC 1, seguindo-se o mês de Março e, por fim, o mês de Fevereiro.

Verifica-se ainda que a ANF ao longo dos 3 meses rondou os 40%, sendo o mês de Março aquele que obteve um maior valor. O consumo autorizado não faturado também não variou muito sendo o valor médio dos três meses igual a 4,5 %. Quanto às perdas aparentes estas foram 5% e as perdas reais rondaram os 30%.

O consumo não faturado medido e as fugas nos reservatórios, tiveram um valor de zero, já que todos os consumos medidos são faturados e as medições foram todas realizadas a jusante do reservatório.

As fugas na rede foram sempre superiores às fugas nas ligações, o que segundo a bibliografia consultada anteriormente significa que a densidade de ramais é pequena na zona.

Por fim, no que diz respeito às roturas verifica-se que não houve nenhuma em Março. Em Janeiro, ocorreu uma rotura e em Fevereiro outra, tendo a primeira causado uma maior perda de água.

Balanço Hídrico da ZMC 2 em Janeiro, Fevereiro e Março de 2015				
Água entrada no sistema 12 265 m³/mês 13 025 m³/mês 13 125 m³/mês	Consumo autorizado 12 268 m³/mês; 100,0% 11 600 m³/mês; 89,1 % 13 084 m³/mês; 99,7 %	Consumo autorizado faturado 11 450 m³/mês; 93,4 % 10 505 m³/mês; 80,7 % 11 708 m³/mês; 89,2 %	Consumo faturado medido 6 481 m³/mês; 56,6 % 6 124 m³/mês; 58,3 % 6 720 m³/mês; 57,4 %	Água faturada 11 450 m³/mês; 93,4% 10 505 m³/mês; 80,7 % 11 708 m³/mês; 89,2 %
			Consumo faturado não medido 4 969 m³/mês; 43,4 % 4 381 m³/mês; 41,7 % 4 988 m³/mês; 42,6 %	
		Consumo autorizado não faturado 818 m³/mês; 6,7 % 1 095 m³/mês; 8,4 % 1 376 m³/mês; 10,5 %	Consumo não faturado medido 0 m³/mês; 0,0 % 0 m³/mês; 0,0 % 0 m³/mês; 0,0 %	
			Consumo não faturado não medido 818 m³/mês; 6,7 % 1095 m³/mês; 8,4% 1 376 m³/mês; 10,5 %	
	Perdas de água -3 m³/mês; 0,0 % 1 425 m³/mês; 10,9 % 41 m³/mês; 0,3%	Perdas aparentes 582 m³/mês; 4,7 % 619 m³/mês; 4,8% 630 m³/mês; 4,8 %	Consumo não autorizado 8 m³/mês; 0,07 % 10 m³/mês; 0,08 % 16 m³/mês; 0,12 %	Água não faturada 815 m³/mês; 6,6 % 2 520 m³/mês; 19,3 % 1 417 m³/mês; 10,8 %
			Perdas de água por erros de medição 574 m³/mês; 4,7% 609 m³/mês; 4,7 % 614 m³/mês; 4,7 %	
		Perdas reais -585 m³/mês; -4,8 % 805 m³/mês; 6,2% -589 m³/mês; -4,5 %	Fugas nos reservatórios/ adutoras 0 m³/mês; 0,0 % 0 m³/mês; 0,0 % 0 m³/mês; 0,0 %	
			Fugas na rede -768 m³/mês; -6,3 % 690 m³/mês; 5,3% -687 m³/mês; -5,2 %	
			Fugas nas ligações -130 m³/mês; -1,1% 115 m³/mês; 0,9 % -4121 m³/mês; -31,4 %	
			Roturas 327 m³/mês; 2,7 % 0 m³/mês; 0,0 % 0 m³/mês; 0,0 %	

Figura 5. 8- Balanço Hídrico da ZMC 2 em Janeiro (cor azul), em Fevereiro (cor verde) e em Março (cor laranja) de 2015

Pela análise da Figura 5.8, é possível verificar que no mês de Janeiro foi quando houve uma maior quantidade de água entrada na ZMC 2, seguindo-se o mês de Março e, por fim, o mês Fevereiro, tal como se verificou na ZMC 1. Quanto à ANF, contrariamente à ZMC 1, esta obteve valores bastante diferentes de mês para mês. Em Janeiro foi de 6,6%, em Fevereiro foi 19,35% e em Março 10,8%.

Analizando os restantes componentes do BH, verifica-se que este tem valores negativos em Janeiro e Março nas perdas reais. Este acontecimento explica uma das razões pelo qual a IWA aconselha a realizar BH anuais e não mensais. Assim sendo, fez-se um BH com a junção dos três meses em estudo de forma a verificar se todos os valores obtidos eram positivos, com o objetivo de ser possível uma melhor análise, o que não se verificou. (ver Figura 5.9)

O consumo não faturado medido e as fugas nos reservatórios, tiveram um valor nulo, pela mesmas razões que no BH da ZMC 1. Quanto às roturas verifica-se que ocorreu apenas uma em Janeiro.

Balanço Hídrico da ZMC 2 em 2015				
Água entrada no sistema 38 415 m³/mês	Consumo autorizado 36 952 m³/mês; 96,2%	Consumo autorizado faturado 33 663 m³/mês; 87,6 %	Consumo faturado medido 19 188 m³/mês; 49,9 %	Água faturada 33 663 m³/mês; 87,6%
			Consumo faturado não medido 14 475 m³/mês; 37,7 %	
		Consumo autorizado não faturado 3 289 m³/mês; 8,6 %	Consumo não faturado medido 0 m³/mês; 0,0 %	Água não faturada 4 752 m³/mês; 12,4 %
			Consumo não faturado não medido 3 289 m³/mês; 8,6 %	
	Perdas de água 1 463 m³/mês; 3,8 %	Perdas aparentes 1 832 m³/mês; 4,8 %	Consumo não autorizado 34 m³/mês; 0,09 %	
			Perdas de água por erros de medição 1 797 m³/mês; 4,7%	
		Perdas reais -369 m³/mês; -1,0 %	Fugas nos reservatórios/ adutoras 0 m³/mês; 0,0 %	
			Fugas na rede -812 m³/mês; -2,1 %	
			Fugas nas ligações -4 871 m³/mês; -12,7%	
			Roturas 327 m³/mês; 0,9 %	

Figura 5. 9 - Balanço Hídrico da ZMC 2 em 2015

Comparando os BH das duas ZMC, é possível concluir que a ZMC 1 tem valores superiores de ANF, sendo assim nesta zona mais susceptível à tomada de medidas para a redução de perdas.

Após esta análise, importa ainda fazer uma comparação dos valores obtidos em 2014 para estas duas zonas, de forma a concluir se houve uma evolução ao longo do tempo. Nos gráficos seguintes é possível observar os componentes AF e ANF de cada ZMC no ano de 2014 e no de 2015. De notar que os valores do ano 2015 são a junção dos três primeiros meses.

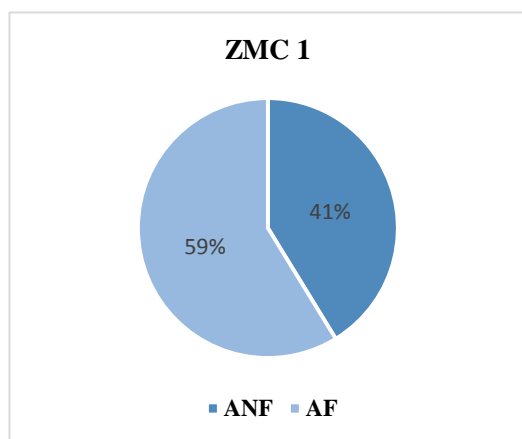


Gráfico 5. 1- AF e ANF na ZMC 1 em 2015

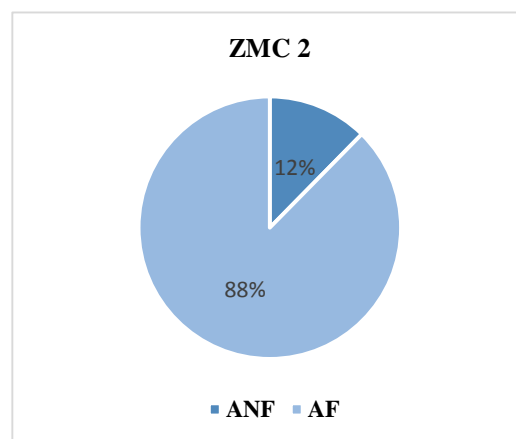


Gráfico 5. 2- AF e ANF na ZMC 2 em 2015

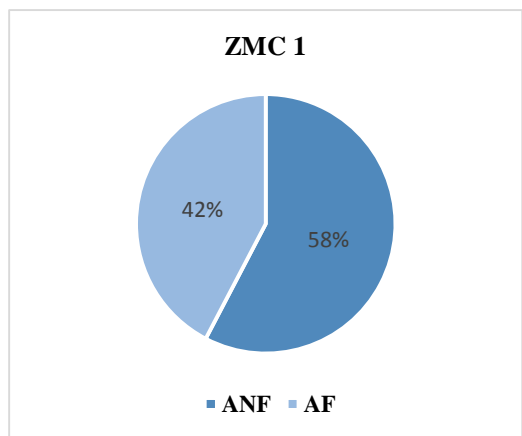


Gráfico 5. 3- AF e ANF na ZMC 1 em 2014

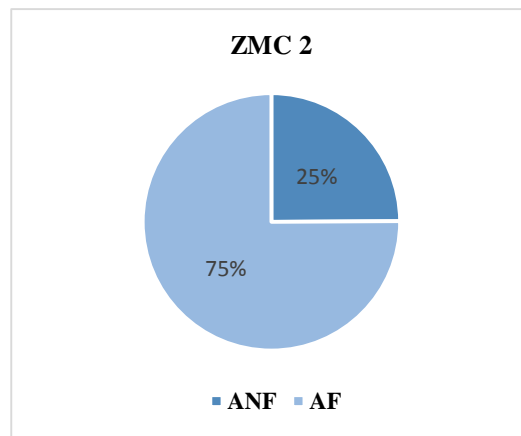


Gráfico 5. 4- AF e ANF na ZMC 2 em 2014

Pela análise dos quatro gráficos anteriores é possível observar que a ANF diminuiu em ambas as ZMC. Segundo a empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, S.A., foram feitas reparações a roturas e fugas detetadas no final do ano de 2014 em ambas as zonas, o que pode explicar esta diminuição.

### 5.2.1 METODOLOGIA ADOTADA PARA A DETERMINAÇÃO DOS BH

O cálculo dos balanços hídricos anteriormente apresentados foi realizado da seguinte forma:

**Água entrada no sistema (AES):** Foi um dado fornecido por parte da empresa. Os dados foram retirados do sistema de telegestão, nomeadamente o volume de água à saída do reservatório e o volume de água entrado no sistema da ZMC 2. Assim sendo, o volume de entrada na ZMC 1 foi determinado pela diferença entre o volume de água à saída do reservatório pelo volume de entrada na ZMC 2.

**Consumo autorizado faturado medido (CAFM):** Foram fornecidas todas as faturas dos consumidores por parte da empresa e o CAFM foi calculado somando estes valores.

**Consumo autorizado faturado não medido (CAFNM):** Foram fornecidas todas as faturas estimadas por parte da empresa e o CAFNM foi calculado pelo somatório destes valores.

**Consumo autorizado faturado e Água faturada (AF):** correspondem à soma do CAFM e do CAFNM.

**Água não faturada (ANF):** Foi determinada pela diferença entre o AES e a AF.

**Consumo autorizado não faturado (CANF):** Foi calculado pela soma do consumo autorizado não faturado medido e pelo não medido.

**Consumo autorizado não faturado medido (CANFM):** É nulo na empresa, uma vez que todos os consumos medidos são faturados. Assim, o CANF é igual ao CAFNM.

**Consumo autorizado não faturado não medido (CANFNM):** É o resultado da soma da água utilizada pelos bombeiros, pelos consumos para rega e pela água gasta para a lavagem de ruas. Quanto à utilização da água por parte dos bombeiros, esta foi nula para ambas as ZMC's, uma vez que não foram registados nenhuns incêndios na zona durante os meses em estudo, nem foi utilizada água por qualquer outra razão. Esta informação foi fornecida por parte dos Bombeiros Sapadores de Gaia. Para o cálculo da água utilizada para rega foram medidas as áreas de rega com o auxílio da ferramenta *Google Earth*. Posteriormente, foi calculada a necessidade de rega, subtraindo a necessidade pela pluviosidade verificada em cada mês, valores estes obtidos através do IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Multiplicando estes valores de necessidade de rega pela área de rega, obtém-se assim a água consumida para rega. A lavagem de ruas da cidade de Vila Nova de Gaia é realizada pela empresa SUMA. Não foi possível recolher dados concretos sobre a quantidade de água consumida utilizada, tendo sido realizada uma estimativa, uma vez que não existe troca de informação entre a SUMA e a Águas e Parque Biológico de Gaia. Desta forma, teve-se em conta o valor utilizado para o cálculo do BH anual da empresa (também estimado) e sabe-se ainda que todos os dias existe lavagem de ruas no concelho e que existem 10 varredoras e 20 camiões de lavagem, com capacidade de 5 m<sup>3</sup> e 15 m<sup>3</sup> de água, respetivamente. Cada um deles enche em média 6 vezes por dia. Por fim, importa referir que segundo as referências bibliográficas consultadas, normalmente o consumo por parte das fontes também se encontra incluído neste parâmetro do BH. No entanto, este valor é igual a zero, já que as fontes de Vila Nova de Gaia possuem contador, sendo todos os consumos faturados.

**Consumo autorizado:** Foi determinado pela soma do consumo autorizado faturado com o consumo autorizado não faturado.

**Perdas de água:** Foram calculadas pela diferença entre a AES com o consumo autorizado. Por sua vez, as perdas de água correspondem ao somatório das perdas aparentes com as perdas reais.

**Perdas aparentes:** Este parâmetro foi calculado pela soma do consumo não autorizado e pelas perdas de água devido a erros de medição.

**Consumo não autorizado:** Este componente diz respeito ao volume de todo o tipo de usos não autorizados, nomeadamente, ligações ilegais, manipulação de contadores, roubos

de água, entre outros. Para a sua determinação foram analisados os consumos das 3563 instalações ao longo dos anos 2013 e 2014 e dos meses em estudo de 2015. Fez-se uma média dos valores e seleccionaram-se as instalações com consumo médio igual a  $0 \text{ m}^3$ , isto é, com um consumo anómalo. Obtiveram-se 85 instalações, tendo-se registado 7 situações de ligação ilícita. De seguida, foi-se à base de dados e fez-se a determinação do consumo médio destes clientes, observando os seus consumos antes de se verificarem consumos anómalos. Através da multiplicação deste consumo médio de cada cliente pelos dias em que foi realizada a fraude, isto é, pelos dias entre a data de suspeita de fraude e a data em que foi realizada a intervenção, obteve-se o consumo não autorizado. De notar que antes de se inserir o valor deste parâmetro nos BH, verificou-se em que ZMC pertencia cada instalação através da sua morada.

**Erros de medição:** Este componente corresponde ao volume associado a todo o tipo de erros de medição, nomeadamente na leitura dos contadores, na emissão de faturas e erros introduzidos pelos contadores avariados e envelhecidos. Na realização deste trabalho só foram contabilizados os erros introduzidos pelos contadores.

Após a realização da média dos consumos das instalações ao longo dos anos de 2013, 2014 e dos meses em estudo de 2015, já explicada no passo anterior, foram ainda agrupados os consumidores com uma média de consumo igual a  $0 \text{ m}^3$ , entre  $0$  e  $1 \text{ m}^3$ , superior a  $100 \text{ m}^3$  e aqueles que tiveram pelo menos um consumo igual a  $0 \text{ m}^3$  ao longo deste tempo. Posteriormente agruparam-se as instalações por ordem de data de instalação e fez-se a seguinte tabela:

**Tabela 5. 3-** Exemplo de cálculo dos erros de medição: Agrupamento das instalações consoante a última leitura

Ano de instalação	Últimas leituras registadas nas instalações [ $\text{m}^3$ ]			
	0-100	100-500	500-1000	>1000
...	...	...	...	...
2014	Nº de instalações	Nº de instalações	Nº de instalações	Nº de instalações
2015	Nº de instalações	Nº de instalações	Nº de instalações	Nº de instalações
Total	somatório	somatório	somatório	somatório

De seguida fez-se a percentagem relativa da quantidade de instalações e multiplicou-se cada parcela pela água entrada no sistema de cada balanço hídrico. Os resultados obtidos foram multiplicados pela matriz do erro relativo fornecida pela Águas e Parque Biológico de Gaia e, finalmente, o somatório de todos estes valores resultou no consumo de água perdida por erros de medição.

**Perdas reais:** Foram calculadas pela diferença entre as perdas de água com as perdas aparentes. Por sua vez, as perdas reais resultam no somatório das fugas no reservatório ou nas adutoras, fugas na rede, fugas nas ligações e roturas.

**Fugas no reservatório e nas adutoras:** São nulas, uma vez que as medições foram realizadas depois do reservatório.

**Roturas:** Foram determinadas da seguinte forma: Foram fornecidos os registos de roturas nos meses em estudo, isto é, a “Nota de reparação de avarias”, onde se encontra registado: o tipo de avaria, a data de ocorrência, a morada do local onde ocorreu, se foi uma grande avaria ou não, se foi uma reclamação de um cliente ou não, o material e o diâmetro da tubagem, o tipo de pavimento, o número de consumidores afetados e a hora de fecho e de abertura da água durante o período de reparação. A expressão utilizada para a determinação do volume perdido foi a 3.9, já explicada no tópico 3.5 :

$$Q_{orifício} = C_D \times A \times \sqrt{2 \times g \times P} \quad (3.9)$$

O coeficiente de vazão utilizado foi 0,5 e a área da secção do orifício foi considerada igual a 5% da área da secção da conduta. A pressão a que o fluido estava submetido foi calculada pela diferença de cotas da VRP ou do reservatório, que por sua vez é igual a 148 m ou 185 m, dependendo se a rotura se verifica na ZMC 2 ou na ZMC 1, respetivamente

**Fugas na rede:** O comprimento total das tubagens na ZMC1 é de 45993 m e o comprimento total dos ramais é de 6942 m. O comprimento total das tubagens foi um dado retirado do ArcGis e o comprimento total dos ramais foi calculado pela multiplicação do número de ramais pelo seu comprimento médio de 6 m. Assim, a expressão utilizada para o cálculo das fugas na rede da ZMC 1 foi a seguinte:

$$Fugas\ na\ rede = (Volume\ de\ perdas\ reais - Volume\ de\ roturas) \times \left( \frac{45993}{45993 + 6942} \right)$$

Na ZMC 2, o comprimento total das tubagens é de 30651 m e o comprimento total dos ramais é de 5046 m. A expressão utilizada para o cálculo das fugas na rede nesta ZMC foi então:

$$Fugas\ na\ rede = (Volume\ de\ perdas\ reais - Volume\ de\ roturas) \times \left( \frac{30651}{30651 + 5046} \right)$$

**Fugas nas ligações:** O método de cálculo deste parâmetro foi o mesmo que o utilizado para as fugas na rede. Desta forma, a expressão utilizada para o cálculo das fugas nas ligações foi a seguinte:

Para a ZMC 1:

$$Fugas\ nas\ ligações = (Volume\ de\ perdas\ reais - Volume\ de\ roturas) \times \left( \frac{6942}{45993 + 6942} \right)$$

Para a ZMC 2:

$$Fugas\ nas\ ligações = (Volume\ de\ perdas\ reais - Volume\ de\ roturas) \times \left( \frac{5046}{30651 + 5046} \right)$$

Por fim, de forma a verificar se todos os cálculos dos parâmetros em que se divide a ANF foram realizados corretamente, fez-se o somatório deles todos, nomeadamente das roturas, das fugas na rede



e nas ligações, da água perdida por erros de medição, do consumo não autorizado e do CANFNM, com a finalidade de se verificar se é igual à ANF calculada anteriormente.

### 5.2.2 PRINCIPAIS DIFICULDADES NA DETERMINAÇÃO DOS BH

A maior dificuldade na determinação dos BH foi no cálculo do CANFNM. O valor obtido deste componente foi totalmente estimado. De forma a facilitar este cálculo ou deveria existir a informação das áreas que são regadas e a frequência de rega ou contadores nos sistemas de rega. Para o cálculo do volume de água utilizado na lavagem de ruas e para a que é utilizada pelos bombeiros deveriam existir contadores em todos os hidrantes.

Quanto ao consumo não autorizado obtido, este não é um valor 100% correto, uma vez que não é possível saber ao certo qual o dia e a hora em que começou a existir fraude. De forma a diminuir os valores deste componente deveriam existir coimas mais severas.

Os erros de medição poderiam ser diminuídos caso fossem substituídos os contadores com idade próxima do limite estipulado por lei (Portaria 331/87, de 23 de Abril) e também motivando a realização de auto-leituras por parte dos utilizadores, por exemplo.

Por fim, ocorreu dificuldade no cálculo dos componentes das perdas reais, nomeadamente fugas na rede e nas ligações e roturas, visto que não é possível quantificar ao certo a quantidade de água perdida. Para tal, é necessário realizar-se o estudo do caudal mínimo noturno das zonas (abordagem *Bottom-Up*), de forma a calibrar as estimativas assumidas, obtendo-se assim resultados mais confiáveis na determinação dos volumes de perdas reais. Neste trabalho pode-se verificar esse estudo no capítulo 5.3.

### 5.2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO (ID)

Como já foi explicado anteriormente, existe uma vasta quantidade de indicadores de desempenho, sendo alguns deles relativos às perdas. De seguida apresentam-se apenas os ID referentes aos meses Janeiro, Fevereiro e Março do ano de 2015 que, dado o tema da dissertação, dizem respeito apenas às perdas reais.

Na tabela seguinte (Tabela 5.4) encontram-se os valores dos ID na ZMC 1.

**Tabela 5. 4 - Indicadores de Desempenho da ZMC 1**

Mês	AES (m³)	Perdas reais (m³)	PRR (l/(ramal.d))	PRM (l/ramal/d)	IIF	OAC (nº/100km)	ANF (%)
Janeiro	24 555	7516	209,6	50,9	4,1	2,2	40
Fevereiro	18 851	5368	165,7	50,9	3,3	2,2	39
Março	24 276	8433	235,1	50,9	4,6	0	44

O índice de perdas reais por comprimento de conduta é utilizado quando a densidade de ramais é inferior a 20/km de rede. O que se verifica neste caso de estudo é que para a ZMC 1 a densidade de ramais é de cerca de 25/km de rede e a para a ZMC 2 é de cerca de 27/km rede. Desta forma foi utilizado o índice de perdas reais por ramal, embora no balanço hídrico, as perdas nas ligações tenham sido inferiores às perdas na rede. Segundo LNEC & ERSAR, 2014, a entidade gestora presta uma

qualidade de serviço insatisfatória na ZMC 1, uma vez que apresentou valores de PRR superiores a 150 l/(ramal.dia).

Os valores do índice infraestrutural de fugas mostram que a entidade possui um sistema com qualidade de manutenção mediana, já que apresenta valores inferiores a 8 e superiores a 2. Um valor inferior a 2 significa que uma maior redução de perdas não é, normalmente, viável economicamente. Valores superiores a 8 indicam que a EG apresenta recursos muito insuficientes, fraca manutenção e onde a implementação de um programa de redução de perdas é imperativo.

O indicador ocorrência de avarias em condutas mostra que a qualidade de serviço é boa, visto que os valores obtidos situam-se entre os 0 e os 30. Contudo, importa não esquecer que apenas se teve em conta as avarias que foram detetadas à superfície, podendo existir mais roturas ou fugas não visíveis.

Quanto à ANF, como já foi explicado anteriormente na análise do BH, verificou-se que se obtiveram valores de 40, 39 e 44 % para o mês de Janeiro, Fevereiro e Março, respetivamente. Segundo LNEC & ERSAR 2014, a entidade gestora presta uma qualidade de serviço insatisfatória na ZMC 1, uma vez que apresentou valores entre os 30 e os 100%. Para ter uma qualidade mediana teria de apresentar valores entre os 20 e 30% e para ter uma qualidade boa teria de ter um valor inferior a 20%.

Na Tabela 5.5 encontram-se os ID da ZMC 2. Para esta zona apenas foram calculados os ID para o mês de Fevereiro, uma vez que para os restantes meses, as perdas reais encontram-se com valores negativos, como foi possível observar nos BH.

**Tabela 5. 5** - Indicadores de Desempenho da ZMC 2

Mês	AES (m <sup>3</sup> )	Perdas reais (m <sup>3</sup> )	PRR (l/(ramal.d))	PRM (l/ramal/d)	IIF	OAC (nº/100km)	ANF (%)
Fevereiro	13 025	805	34,2	48,9	0,7	0	19

O valor do índice de perdas reais por ramal indica que a qualidade de serviço da EG na ZMC 2 foi boa, uma vez que tal acontece quando o valor se encontra entre 0 e 100 l/(ramal.dia) (LNEC & ERSAR, 2014).

Os valores do índice infraestrutural de fugas mostram que a entidade possui um sistema com boa manutenção, já que apresenta um valor inferior a 1.

O indicador OAC foi zero, uma vez que não foram detetadas nenhuma avarias nesse mês, o que não significa que elas não existam como foi explicado anteriormente.

Segundo o LNEC & ERSAR, 2014, a entidade gestora apresentou uma qualidade de serviço boa tendo em conta a ANF, uma vez que o valor obtido para Fevereiro, assim como para os restantes meses (como se verificou no BH), é inferior a 20%.

Conclui-se que a obtenção destes resultados permite a avaliação da qualidade de serviço da entidade em cada zona. Contudo, não se apresentam como valores totalmente corretos, já que a determinação destes indicadores devem ser realizados com valores anuais e não mensais.

### 5.3 ANÁLISE DO CONSUMO MÍNIMO NOTURNO

Realizada a abordagem *Top-Down* na determinação das perdas de água, importa agora realizar a abordagem *Bottom-Up*, de forma a se obterem valores mais credíveis.

O método dos caudais mínimos noturnos é uma forma de quantificação de perdas em que se observa o comportamento do caudal nas horas de menor consumo, sendo estas horas correspondentes ao período noturno. Com isto, é importante medir e registar estes consumos diariamente de forma a serem realizadas futuras comparações.

Como já tinha sido referido, a zona em estudo possui dois medidores de caudal eletromagnéticos. Um deles encontra-se à saída do reservatório, medindo todo o caudal que é distribuído na zona, e o segundo está localizado antes da VRP, medindo o volume de água que é distribuído pela rede da ZMC 2. O medidor à saída do reservatório realiza leituras horárias e o outro leituras diárias.

#### 5.3.1 ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO DE ÁGUA EM 2014 E 2013

De forma a analisar o comportamento habitual dos caudais foram analisados os consumos de toda a zona ao longo dos anos de 2013 e de 2014. Cada valor obtido foi lido pelo medidor de caudal à saída do reservatório e recolhido do sistema de telegestão da empresa.

O comportamento habitual dos consumos ao longo de uma semana pode ser observado no gráfico que se segue:

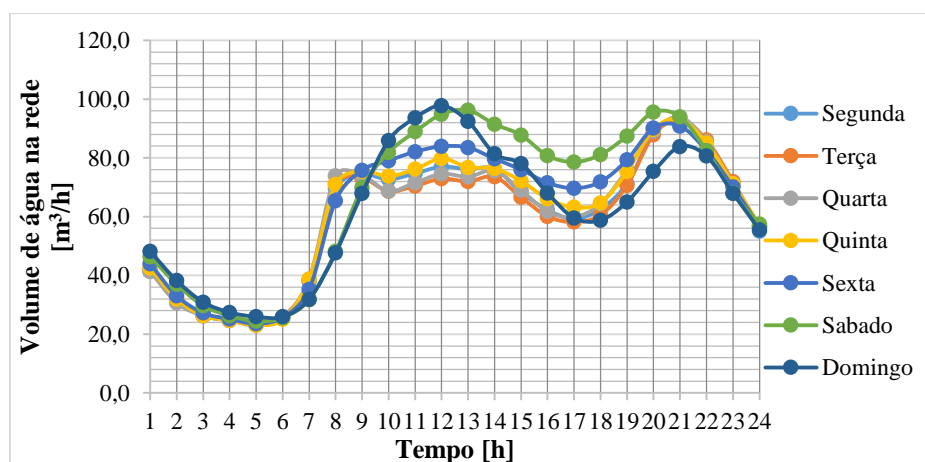


Gráfico 5. 1- Consumo de água habitual ao longo de uma semana

À primeira vista, através da análise do Gráfico 5.1, pode-se verificar que existem dois picos de maior consumo ao longo do dia, entre as 10 e as 14h e as 20 e 22h, aproximadamente, e o que o período de menor consumo é atingido entre as 5 e as 6 horas.

Analisando mais pormenorizadamente o gráfico, observa-se que a variação dos consumos à segunda, terça, quarta e quinta é praticamente igual. À sexta verifica-se que existe um aumento do consumo entre as 9 e 19h, aproximadamente, comparativamente com os dias citados anteriormente.

Ao sábado e domingo é quando se verificam mais alterações nos consumos. O domingo é o dia da semana em que habitualmente se atinge um maior caudal de consumo no primeiro pico, mas também é o dia em que se atinge um menor caudal no segundo pico. O sábado é claramente o dia da semana

em que se verifica um maior consumo médio ao longo do dia, sendo este o dia da semana com maiores valores no segundo pico e o segundo dia com maiores valores no primeiro pico.

Quanto ao consumo mínimo noturno (CMN), este foi atingido maioritariamente às 5 horas durante os dois anos, sendo atingido por vezes às 4h e às 6h. O seu valor médio foi de 23,9 m<sup>3</sup>.

### 5.3.2 ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO DE ÁGUA EM 2015

Conhecido o consumo habitual nesta zona, fez-se então uma análise dos consumos da zona em Janeiro, Fevereiro e Março de 2015. Em anexo (Anexo A) encontra-se uma tabela com o CMN e a hora a que foi atingido, para cada dia dos 3 meses.

No Gráfico 5.2 é possível observar e comparar a média dos consumos ao longo dos meses estudados para a ZMC 1 e 2.

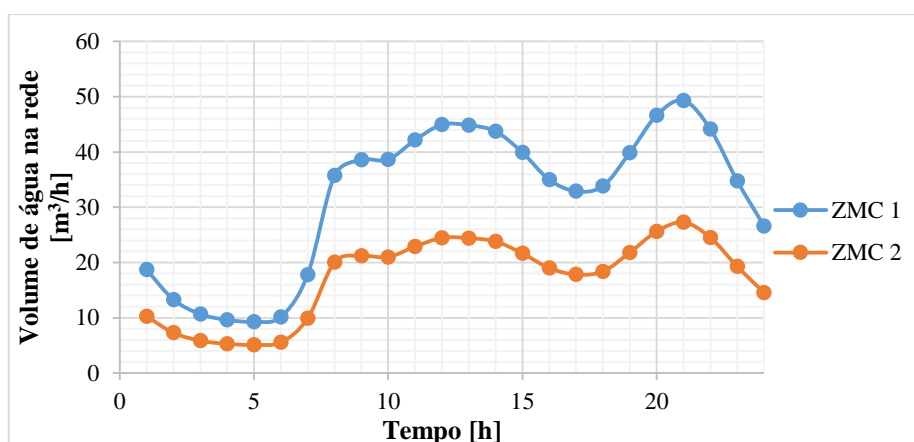


Gráfico 5. 2 - Comparação do volume de água na rede ao longo de um dia entre as duas ZMC em 2015

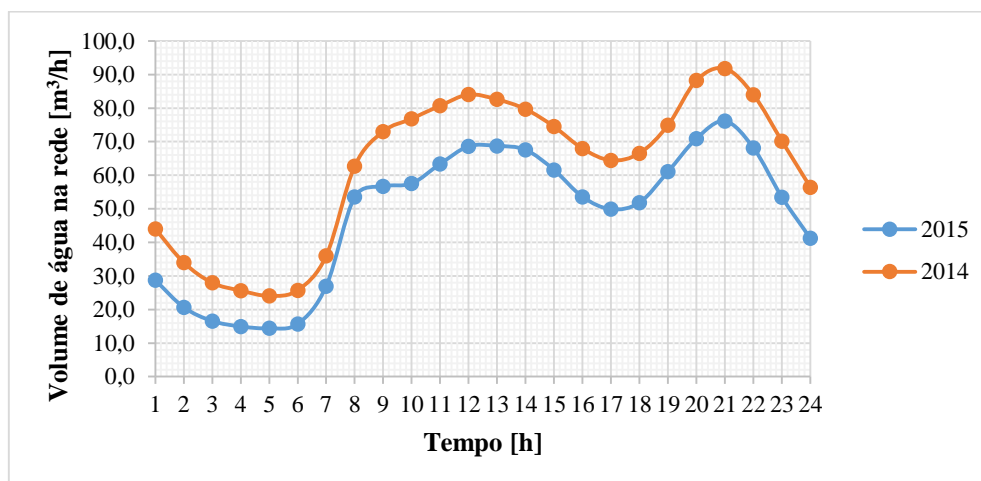
Tendo em conta que o medidor de caudal da ZMC 2 realiza leituras diárias, foi necessário determinar os fatores horários (Anexo B) da população, através dos valores obtidos à saída do reservatório. Com estes valores e com o caudal que passa na rede da ZMC 2 em cada dia, foi possível determinar o perfil de consumo dessa ZMC. Quanto ao perfil de consumo da ZMC 1, bastou subtrair os valores obtidos da ZMC 2 pelos valores obtidos à saída do reservatório.

Pela análise do Gráfico 5.2, verifica-se que o volume que passa na rede da ZMC 2 ao longo do dia é menor que o da ZMC 1. Tal deve-se ao facto de esta conter menor população. O CMN médio na ZMC 1 é de 9,2 m<sup>3</sup> e na ZMC 2 é de 5,0 m<sup>3</sup>.

### 5.3.3 COMPARAÇÃO DO PERFIL DE CONSUMO DE ÁGUA DO ANO DE 2014 E 2015

Neste trabalho, já se tinha concluído que tinha ocorrido uma diminuição da ANF de 2014 para 2015, no capítulo 5.2, e que tal se deveu à diminuição das perdas reais, uma vez que foi feito um controlo ativo de perdas por parte da empresa, no final do ano passado. Desta forma, decidiu-se fazer uma comparação do perfil de consumo na zona abastecida pelo R3 de 2014 e de 2015.

No gráfico seguinte (Gráfico 5.4) pode-se observar a média dos consumos do ano de 2014 e dos meses estudados deste ano.



**Gráfico 5.3-** Comparação do volume de água na rede ao longo de um dia entre o ano de 2014 e de 2015

Como era de esperar, analisando o gráfico verifica-se que o volume de água distribuída pela rede diminuiu, tendo-se observado, em média, uma diminuição de  $13,9 \text{ m}^3/\text{h}$ . Pode-se ainda observar que o perfil de consumo não sofreu praticamente alterações.

Fazendo uma média dos valores do CMN de toda a zona em 2015 obteve-se um valor de  $14,2 \text{ m}^3$ , bastante inferior ao verificado anteriormente de  $23,9 \text{ m}^3$

Neste trabalho, não foi possível ter acesso ao investimento que foi necessário realizar para esta diminuição das perdas. No entanto, tendo em conta que a empresa compra ao sistema em alta a água a um preço de  $0,3773 \text{ €/m}^3 + \text{iva}$ , conclui-se através da equação 5.1 que a empresa passou a poupar cerca de  $125,9 \text{ €/dia} + \text{iva}$  e  $45\,941,6 \text{ €/ano} + \text{iva}$ .

$$\text{Poupança (€/d)} = \text{perdas reais (m}^3/\text{h)} \times 24 \text{ (h)} \times \text{custo marginal da água (€/m}^3\text{)} \quad (5.1)$$

$$\text{Poupança} = 13,9 \text{ (m}^3/\text{h)} \times 24 \text{ (h)} \times 0,3773 \text{ (€/m}^3\text{)} = 125,9 \text{ €/d}$$

### 5.3.4 QUANTIFICAÇÃO DAS PERDAS

Nesta fase do trabalho, importa relembrar que o caudal que passa na rede é igual ao somatório do caudal de água faturada com o caudal de água não faturada, isto é, igual à soma do caudal consumido pelos grandes consumidores e indústria ( $Q_{GCI}$ ), do caudal dos restantes consumidores ( $Q_C$ ), do caudal das perdas ( $Q_{perdas}$ ) e do caudal consumido autorizado não faturado ( $Q_{CANF}$ ) (equação 5.2).

$$Q_{rede} = Q_C + Q_{GCI} + Q_{perdas} + Q_{CANF} \quad (5.2)$$

Segundo as referências bibliográficas consultadas, sabe-se que um consumidor doméstico consome em média  $2 \text{ l/h}$  na hora de menor consumo. Desta forma é possível quantificar os consumos por parte dos consumidores domésticos multiplicando este valor pelo número de clientes.

Quanto ao consumo dos grandes consumidores e da indústria, importa ainda ter em conta que o seu perfil de consumo é diferente dos outros consumidores domésticos, apresentando estes um valor

diferente de consumo na hora de menor consumo. Neste trabalho não foi possível obter-se tal informação, dado a falta de tempo e de recursos financeiros. Seria necessária a instalação de *data loggers* durante um determinado período de tempo, por exemplo 1 mês, nesses clientes. Os grandes consumidores foram considerados como aqueles que possuem um consumo médio mensal superior a 100 m<sup>3</sup>, tendo-se obtido um valor total na zona de 7.

Por fim, para o consumo autorizado não faturado seria necessário saber as seguintes informações: se existe rega na hora de menor consumo, se ocorreram incêndios ou se os bombeiros utilizaram a água por outra razão e se existe lavagem de ruas nessa hora.

Apenas com as informações acima descritas é que seria possível uma quantificação das perdas de água próxima da realidade e de seguida fazer uma comparação com os valores obtidos pelo método do balanço hídrico.

#### 5.4 ROTURAS DETETADAS

Ao longo dos meses em estudo foram detetadas 4 roturas na zona, como já se tinha verificado no capítulo 5.2. Estas roturas foram todas reportadas pela população, menos uma que foi detetada por um técnico na empresa que a viu ao passar no local. Este tipo de roturas caracterizam-se por serem de dimensões consideráveis libertando, consequentemente, bastante volume de água caso não sejam reparadas rapidamente. Contudo, visto que afloram à superfície, permitem que sejam detetadas facilmente.

Na tabela seguinte (Tabela 5.15) encontra-se descrito o local de cada rotura, a data de deteção, o tipo de avaria, se foi detetada via reclamação de cliente ou não, a dimensão da avaria, o número de clientes afetados, a hora de fecho da água para reparação e a hora de abertura.

Tabela 5. 6- Roturas detetadas e reparadas em 2015

Rotura	Local	ZMC	Data da avaria	Tipo de avaria	Reclamação de cliente?	Grande avaria?	Nº de clientes afetados	Hora de fecho da água	Hora de abertura da água
1	Rua Sirgueiros 307 Perosinho	2	8/1/15	Ramal	Não	Não	3	9:30	11:30
2	Rua do Maninho 267, Canelas	1	19/01/15	Ramal	Sim	Sim	30	14:20	16:10
3	Rua Sta. Apolónia 1095 Serzedo	2	27/1/15	Ramal, tubo rebentado	Sim	Não	1	13:30	15:20
4	Rua Brandariz 2, Perosinho	1	23/2/15	Ramal boca de incêndio	Sim	Não	50	13:30	15:30

Pela análise da tabela verifica-se que existem duas roturas na ZMC 1 e outras duas na ZMC 2. Na Figura 5.10 é possível observá-las georreferenciadas através da ferramenta *Google earth*.



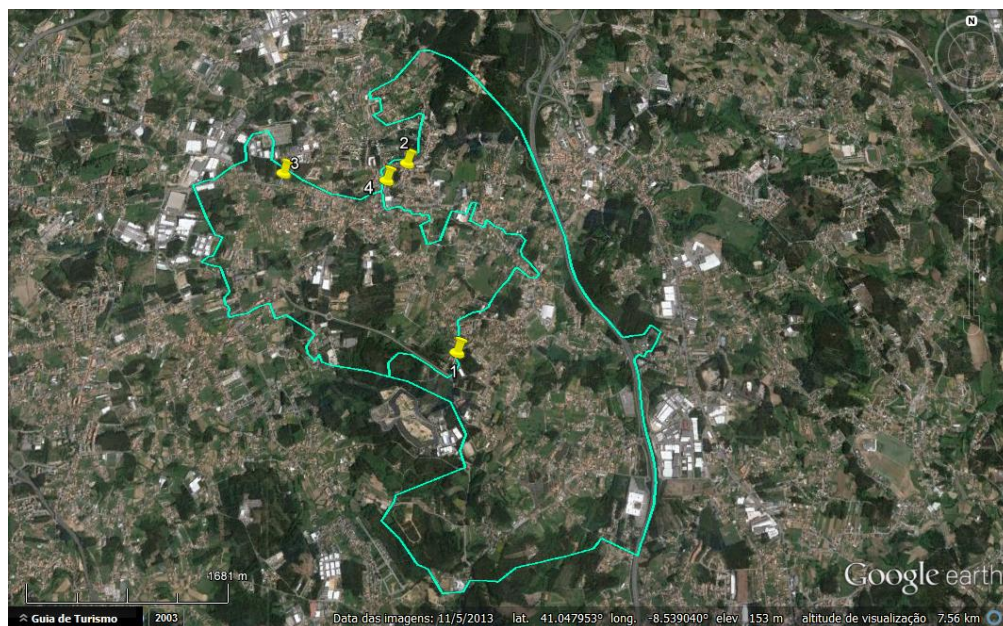


Figura 5. 10 - Georreferenciação das roturas através do *Google earth*

Pode-se concluir que 3 das roturas ocorreram na zona onde existe uma maior densidade de instalações (ver também a Figura 5.11). O facto de ocorrerem com maior frequência roturas nesta zona é de esperar, uma vez que existe uma grande quantidade de ramais, numa pequena área.

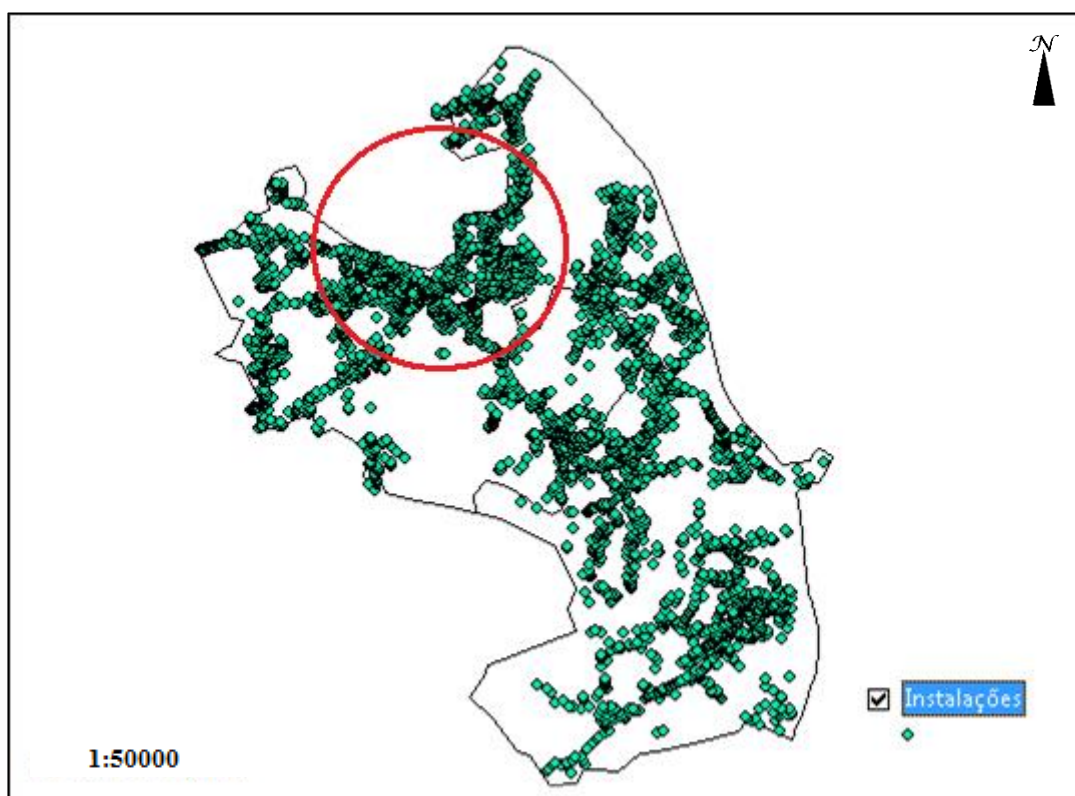


Figura 5. 11 - Identificação da zona com maior densidade de instalações

Um outro aspeto a analisar para o fato destas roturas terem ocorrido seria o estado de conservação das condutas e o tempo de vida útil destas, mas devido à falta de cadastro tal estudo não foi possível de se realizar.

Apesar dos efeitos negativos a nível económico e ambiental da perda de água, ao ocorrer uma rotura, existe ainda um transtorno causado aos clientes na reparação, nomeadamente no fecho de água durante determinadas horas e possíveis interrupções das vias. Além disto existe ainda um grande esforço económico, já que além da reparação ou substituição da conduta, é necessário ter em conta os custos de abertura e fecho de vala, despesas no transporte e as horas de trabalho dispendidas pelos trabalhadores. Por esta razão é que é necessário ter sempre em conta o nível económico de perdas.

A quantidade de água perdida já foi estimada ao longo da determinação dos BH. O gráfico seguinte mostra a quantidade de água perdida em cada rotura, verificando-se que a que causou maiores perdas foi a 2, como já se previa, uma vez que a tabela 5.15 refere que a avaria foi grande.

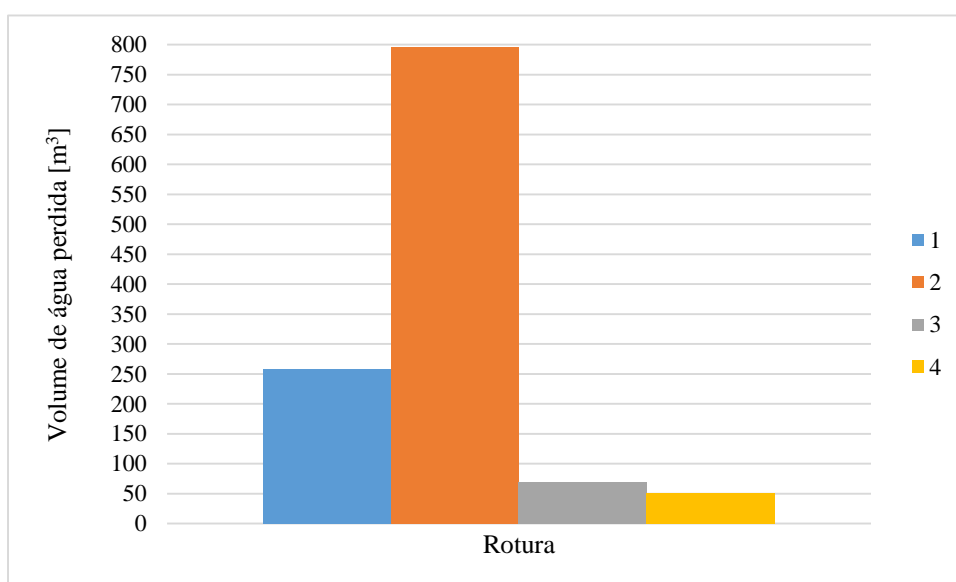


Gráfico 5. 4- Volume de água perdida em cada rotura

#### 5.4.1 ANÁLISE DO CUSTO E BENEFÍCIO DA REPARAÇÃO DAS ROTURAS

Como já foi possível verificar, todas as avarias ocorreram em ramais. Quando estas são causadas por terceiros, os respetivos encargos são suportados por estes. Caso contrário, os custos são suportados pela EG, que foi o caso das 4 avarias em estudo.

Assim, de seguida encontra-se a análise do custo e benefício da reparação (ver Tabela 5.7 e 5.8).

Tabela 5. 7- Análise do custo da reparação das roturas de 2015

Rotura	Custo da água perdida (€)	Custo dos trabalhadores (€)	Custo do transporte (€)	Custo da reparação (€)	Prejuízo total (€)
1	97,4	41,7	1,7	380,2	521,0
2	300,5	38,3	1,8	420,8	761,3
3	26,0	38,3	1,7	188,0	254,1
4	19,3	41,7	1,8	188,0	250,8
					1787,2



Analisando a Tabela 5.7, verifica-se que a ocorrência e a reparação das 4 roturas teve um prejuízo total à empresa de 1787,2 €. Este valor foi calculado através de estimativas, não tendo sido possível obter o seu valor exato.

O cálculo do custo da água perdida foi realizado tendo em conta o volume de água perdida por cada rotura e o preço de compra da água ( $0,3773 \text{ €/m}^3 + \text{iva}$ ).

$$\text{Custo da água perdida} = \text{volume de água perdida (m}^3\text{)} \times \text{custo marginal (€/m}^3\text{)} \quad (\text{eq. 5.3})$$

O custo dos trabalhadores corresponde às horas de trabalho que cada trabalhador teve de dispensar na reparação. Sabe-se que normalmente são necessários 4 trabalhadores e que em média cada um recebe um salário de 800 €/mês. Sabendo ainda as horas de fecho da água (que corresponde ao tempo de reparação) e o tempo aproximado de deslocação, foi possível determinar este parâmetro.

$$\text{Custo dos trabalhadores} = \text{Tempo (h)} \times \text{Salário (€/h)} \quad (5.4)$$

A determinação do custo de transporte foi possível uma vez que se sabe o local de ocorrência de cada rotura. Através do *Google Maps* foi possível calcular os quilómetros entre a empresa e o local. Sabendo que o veículo utilizado consome 5 l gasóleo/100 km e assumindo um valor de 1,6 €/l gasóleo calculou-se o custo de transporte.

$$\text{Custo de transporte} = \text{Distância (km)} \times 5 \text{ (l)/100(km)} \times 1,6 \text{ €/l} \quad (5.5)$$

Por fim, o cálculo do custo da reparação da conduta foi mais difícil de determinar, uma vez que não foi possível obter valores por parte da empresa. Foi necessário recorrer à estrutura tarifária de abastecimento de água de 2015 de outra câmara, nomeadamente da câmara do Seixal, onde se encontram os custos de reparação de avaria de ramais de ligação (Artigo 11º) suportados por terceiros, que se acredita que se encontram próximos dos valores da Águas e Parque Biológico de Gaia. Uma vez que os custos a suportar pela EG e por terceiros não são iguais, assumiu-se que o custo de reparação é metade do custo a suportar por terceiros.

No cálculo do benefício foi tido em conta o valor do custo da água que é comprada ao sistema em alta e o volume de água que era perdida diariamente (e agora é poupada), podendo assim ser calculado através da seguinte equação:

$$\text{Benefício (€)} = \text{Volume de água poupada (m}^3\text{)} \times \text{custo marginal da água (€/m}^3\text{)} \quad (5.6)$$

Na Tabela 5.8, encontram-se os resultados obtidos.

**Tabela 5. 8-** Análise do benefício da reparação das roturas

Rotura	Volume de água poupado (m³/d)	Benefício (€/d)
1	258,2	19,3
2	796,3	300,5
3	69,0	26,0
4	51,2	97,4
<b>Total</b>	<b>1174,7</b>	<b>443,2</b>

Tendo em conta que foi admitido que as roturas tiveram uma duração de 24 horas (como já tinha sido explicado no capítulo 5.2.1), conclui-se assim que a empresa, através das 4 reparações das avarias, obtem um benefício de 443,2 € diários.

Posto isto, foi calculado o tempo necessário para amortizar o prejuízo causado, através da equação que se segue:

$$\text{Tempo de amortização (d)} = \text{Prejuízo} / \text{Benefício} \quad (5.7)$$

$$\text{Tempo de amortização (d)} = 1787,2 / 443,2 = 4,03$$

O tempo necessário para amortecer o prejuízo causado é de apenas cerca de 4 dias. Através da obtenção destes valores verifica-se a grande viabilidade destas reparações, que por sua vez fazem diminuir o valor da ANF da empresa.

#### 5.4.2 DETEÇÃO DE UMA ROTURA (SIMULAÇÃO)

Nas figuras seguintes pode-se observar como é feita a deteção de uma rotura na empresa com um correlador acústico, através de uma simulação feita durante a execução deste trabalho.



Figura 5. 12 – Saída de água à superfície



Figura 5. 13 – Sensor A (azul) e B (vermelho) na deteção da fuga com o correlador acústico



**Figura 5. 14 -** Unidade recetora do correlador acústico



**Figura 5. 15 -** Odómetro

O sinal sonoro provocado pela fuga foi captado por dois pontos diferentes da conduta (sensores A e B), tendo sido a posição relativa da fuga calculada por correlação, cruzada da diferença de tempo na chegada de duas frequências iguais (eq. 5.3).

$$d = \frac{L - (v \times \Delta t)}{2} \quad (5.8)$$

Sendo:

d- distância da fuga ao sensor A;

L- distância entre sensores;

v- velocidade de propagação do ruído no material e diâmetro da conduta;

$\Delta t$ - atraso na receção de ruído entre os sensores.

A distância entre os dois sensores (44 m) foi medida por um odómetro (Figura 5.15) e inserida na unidade recetora. Na Figura 5.14 não é perceptível, mas a fuga encontrava-se a 19,9 m da zona de auscultação 2 e a 24,1 m da zona de auscultação 1, tendo sido assim localizado o ramal em que a fuga se encontrava.

## 5.5 CONTROLO DE PERDAS REAIS

### 5.5.1 A ALTIMETRIA DA ZONA E A PRESSÃO

No controlo de perdas, é necessário realizar um estudo da altimetria da zona, uma vez que a pressão é um dos principais fatores na ocorrência de perdas reais. Em zonas com cotas altimétricas elevadas, as pressões são baixas, principalmente em períodos de consumo elevados. Contrariamente, em zonas de cotas altimétricas baixas, as pressões são elevadas, especialmente em períodos de consumo baixo.

De forma a reduzir fugas e roturas, importa dar especial atenção às zonas com cotas baixas, uma vez que grandes pressões causam um maior desgaste nas condutas. Deve-se assim estudar a possibilidade de ser necessária a introdução de mais válvulas redutoras de pressão na zona. Por outro lado, para o bom funcionamento da rede, importa ainda analisar a possibilidade de existirem zonas com pressões insuficientes para o abastecimento dos clientes, sendo necessário analisar a possibilidade de introduzir bombas ou cisternas.

Na Figura 5.16, pode-se observar a altimetria da zona em estudo, verificando-se que a zona em estudo possui cotas entre os 75 e os 225 m.

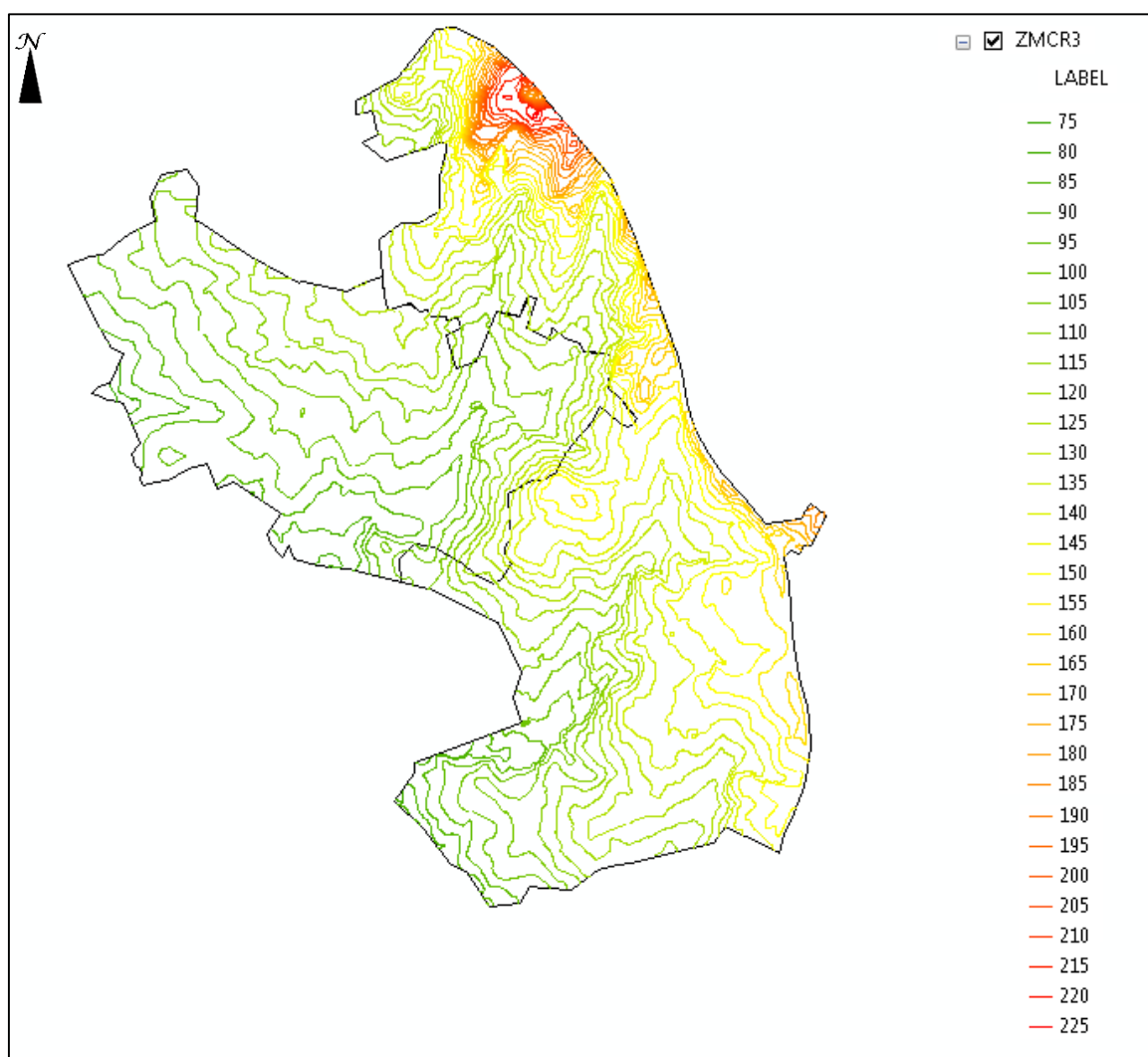


Figura 5. 16 - Curvas de nível da zona abastecida pelo reservatório R3

A pressão na rede deve obedecer os valores regulamentares de pressão de abastecimento aos clientes e também de prevenção à ocorrência de roturas e à minimização dos valores de perdas de água. Uma vez que o número de pisos acima do solo não ultrapassa os 4 na zona em estudo, a pressão mínima ao nível do arrumamento deve ser igual a 260 kPa, segundo a equação  $H=100+ 40n$  (sendo H a pressão mínima (kPa) e n o número de pisos) dada pelo Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto. Através do mesmo regulamento verifica-se que a pressão máxima não deverá exceder os 600 kPa e não se admitem variações de pressões em cada nó do sistema, ao longo do dia, superiores a 300 KPa.

Na ZMC 1, no mesmo local do medidor de caudal, existe um manómetro que realiza leituras horárias. Foi possível verificar que a pressão mais baixa é atingida geralmente às 21 horas (no período de maior consumo) e as pressões mais elevadas geralmente às 5 horas (período de menor consumo). O valor mínimo atingido foi de 280 kPa e o valor máximo foi de 350 kPa.

Geralmente, são feitas simulações hidráulicas, com o auxílio de *softwares*, como por exemplo, o EPANET, para analisar a pressão na rede ao longo do tempo. Devido à boa integração entre o SIG e este *software* informático, é possível fazer a conversão de qualquer rede com facilidade. Na Figura 5.17 encontra-se a representação da rede deste caso de estudo no EPANET.

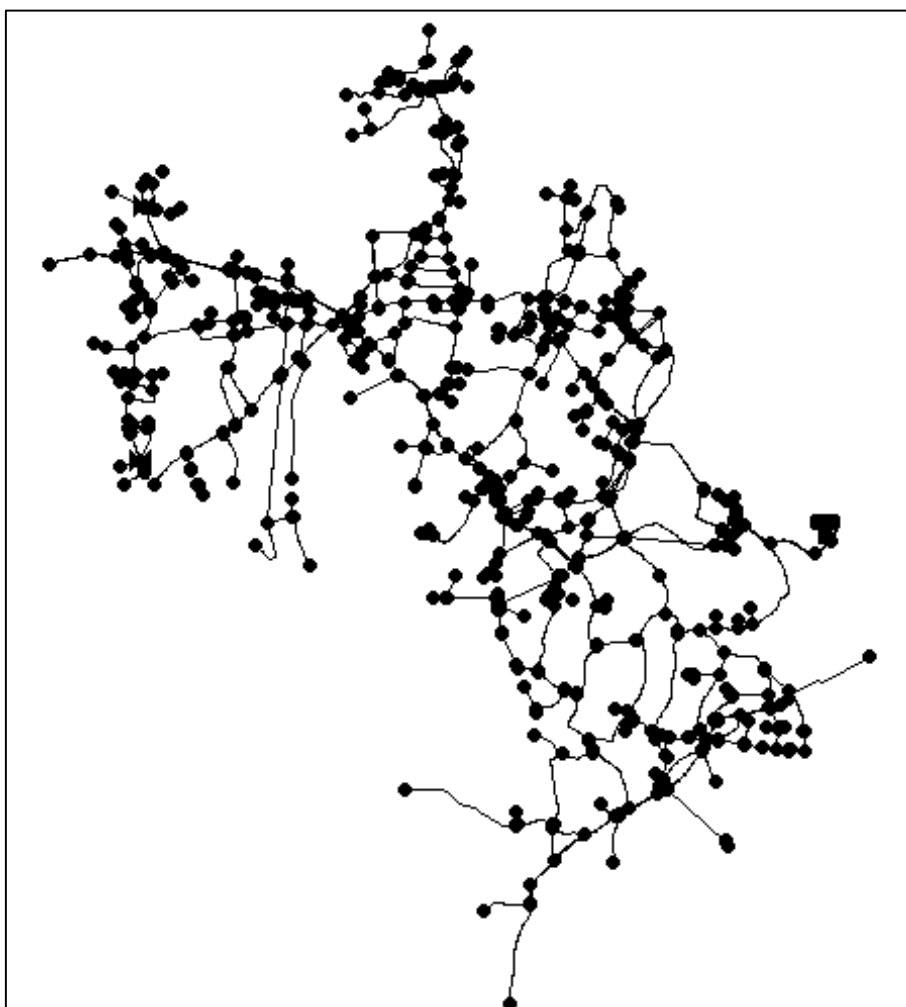


Figura 5. 17 - Traçado da rede no EPANET

Através desta ferramenta poder-se-ia ter analisado as pressões na hora de menor e de maior consumo na rede. Contudo, neste trabalho não foi possível realizar este estudo. Na hora de menor consumo devem-se ter em atenção os locais com cotas baixas. Verificaram-se duas zonas com esta característica: uma na ZMC 1 e a outra corresponde a toda a área da ZMC 2. Na hora de maior consumo devem-se ter em atenção os locais com cotas mais elevadas. Verificou-se que existe um local com cotas superiores à do reservatório.

Na Figura 5.18 pode-se observar a zona com cotas superiores à do reservatório e na Figura 5.19 a zona com cotas baixas situada na ZMC 1.

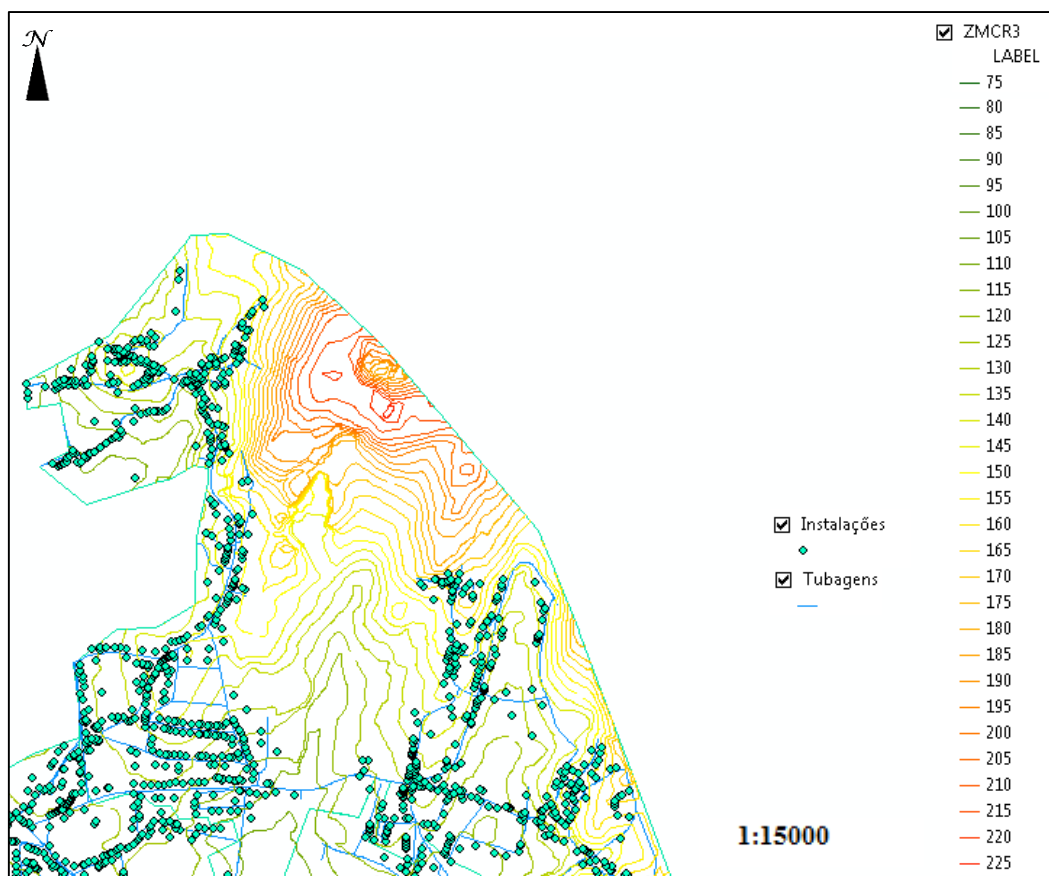


Figura 5. 18- Zona com cotas elevadas na ZMC 1



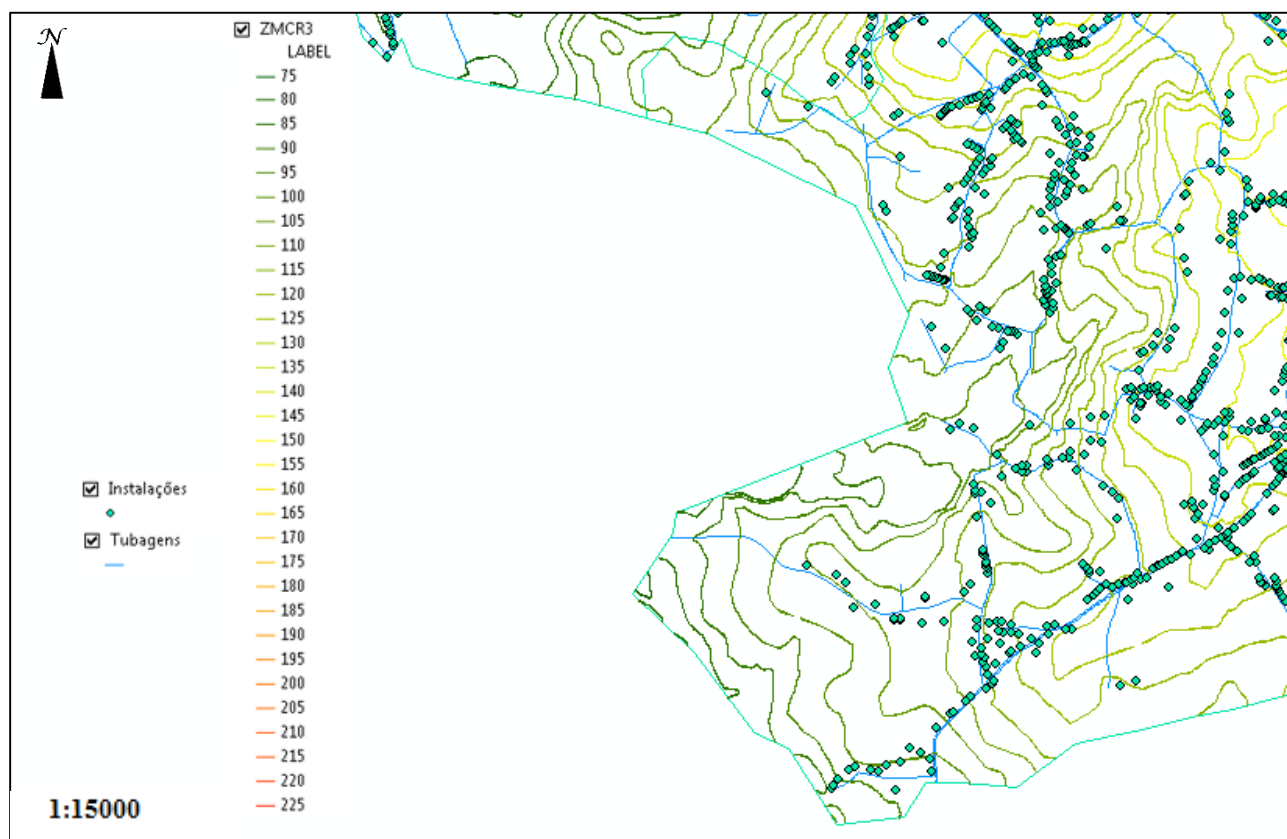


Figura 5. 19- Zona com cotas baixas na ZMC 1

Analisando as zonas das Figuras 5.18 e 5.19, conclui-se que:

- A zona com cotas elevadas (Figura 5.18), por ter cotas superiores à do reservatório poderia indicar que existe pressão insuficiente para o abastecimento de água à população. Contudo, analisando a figura, pode-se observar que não existem instalações, nem tubagens.
- A zona com cotas mais baixas, na ZMC 1 (Figura 5.19), é um local com poucos ramais e poucas condutas de água, comparativamente com a restante área.

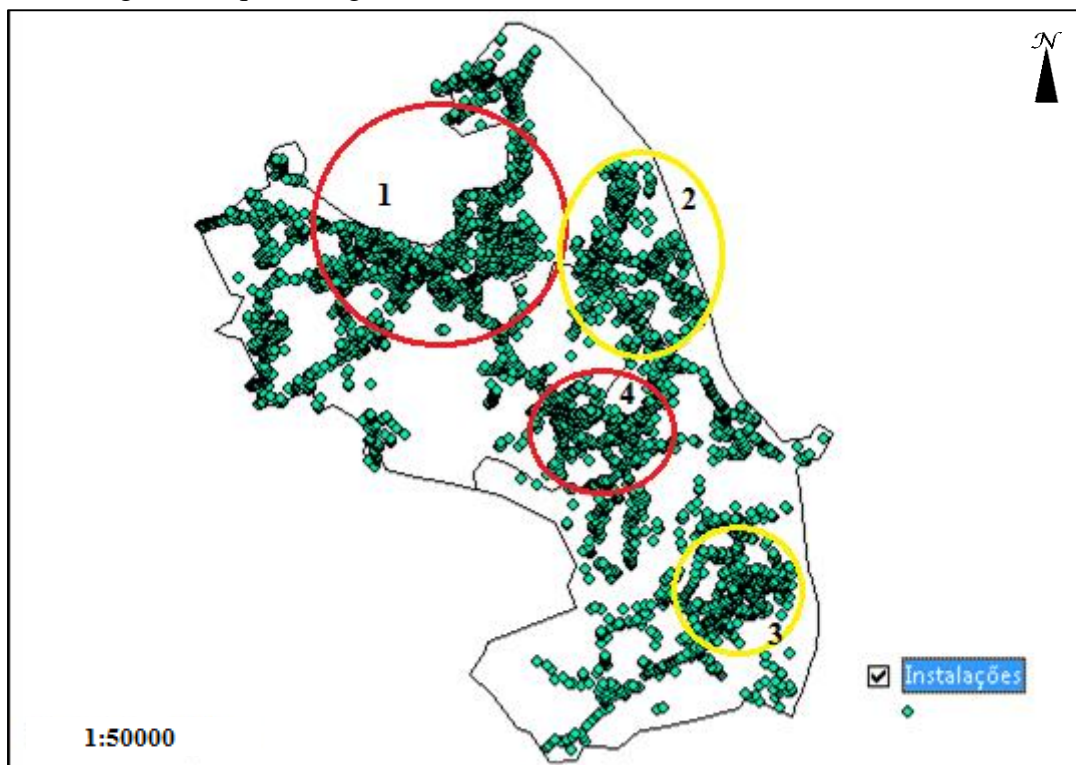
A outra zona com cotas baixas mencionada anteriormente corresponde a toda a zona da ZMC 2. Esta zona contém cotas dos 75 aos 135 m e demonstra ser uma zona com uma densidade de ramais considerável. Como já foi explicado ao longo deste trabalho, esta zona possui uma VRP à entrada, o que permite um maior controlo das pressões.

### 5.5.2 ESTUDO DE ZONAS MAIS SUSCETÍVEIS À OCORRÊNCIA DE PERDAS REAIS

As zonas mais suscetíveis à ocorrência de perdas reais, são aquelas onde a pressão é mais elevada, onde existe um maior número de ramais, onde as condutas se encontram mais envelhecidas e onde se registaram uma maior frequência de fugas e roturas.

Uma vez que não foi possível retirar nenhuma conclusão através do fator de elevadas pressões na rede, de seguida analisa-se a zona tendo em conta o número de ramais e onde se registaram uma maior frequência de roturas. Quanto à idade das condutas não foi possível realizar uma análise, visto que a empresa não possui um registo com tal informação.

Neste trabalho, foram consideradas 4 zonas mais susceptíveis à ocorrência de fugas, que podem ser observadas na Figura 20, que se segue:



**Figura 5. 20** - Zonas mais suscetíveis de ocorrência de perdas reais

Na figura, as zonas identificadas a vermelho foram escolhidas tendo em conta a ocorrência de roturas verificadas este ano e a elevada densidade de ramais. As restantes duas zonas, a amarelo, foram selecionadas apenas tendo em conta a densidade dos ramais que é também elevada comparativamente com a restante área não selecionada. Todas as zonas situam-se em ambas as ZMC's excepto a zona 3 que se situa apenas na ZMC 1.

### **5.5.3 APRESENTAÇÃO DE SOLUÇÕES PARA A REDUÇÃO DE PERDAS REAIS**

Como já se verificou na pesquisa bibliográfica, as medidas para a redução de perdas reais existentes são a gestão da pressão, rapidez e qualidade das reparações, CAP e gestão dos ativos da rede. Através do que foi explicado anteriormente e a partir das informações disponíveis neste trabalho, conclui-se que as medidas a serem tomadas nesta zona são o CAP e a rapidez e qualidade das reparações.

Ao longo deste trabalho foi possível verificar-se as vantagens que existem através do CAP. Através da deteção e localização das fugas e roturas, com a sua posterior reparação existe uma redução das perdas reais e, consequentemente, da ANF. A ZMC 1 apresentou maior volume de perdas reais comparativamente com a ZMC 2, pelo que é evidente que seja mais necessária a tomada desta medida na zona.

Quanto à rapidez das reparações, verificou-se também que quanto mais rápida é a reparação de uma avaria, menos água é perdida e, consequentemente, menos custos existem. Além disto, quanto maior for a qualidade da própria reparação, menos provável será a ocorrência de uma nova fuga no mesmo local.



## 6.

# CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 CONCLUSÕES

A presente dissertação teve como principal objetivo avaliar os custos e benefícios do controlo de perdas reais numa zona de distribuição de Vila Nova de Gaia, que por sua vez se encontra dividida em duas Zonas de Monitorização e Controlo, abastecidas pelo mesmo reservatório.

Analisando a zona de distribuição verificou-se que cerca de 91% dos consumidores são domésticos e que a ZMC que contém maior número de ramais, mais consumidores e uma maior extensão da rede é a ZMC 1. Além disto, ambas as zonas de monitorização são classificadas como zonas mistas.

Através da determinação do BH das duas ZMC's, concluiu-se que a ZMC 1 possuiu maior percentagem de perdas reais e de ANF comparativamente com a ZMC 2, durante os primeiros três meses do ano de 2015. A primeira zona possuiu uma percentagem de perdas reais de cerca de 32 % e uma percentagem de ANF de cerca de 41%. A segunda ZMC teve um valor de perdas reais de cerca de 6 % e de 12 % de ANF.

Com o cálculo dos indicadores de desempenho fez-se uma comparação com os valores de referência propostos pela ERSAR. Concluiu-se que a ZMC 1 apresenta uma qualidade de serviço insatisfatória e a ZMC 2 uma qualidade de serviço boa. Contudo, não foi possível considerar estas conclusões totalmente corretas, uma vez que foram utilizados valores mensais e não anuais.

Com a análise do perfil de consumo dos clientes ao longo do ano de 2014 e dos três primeiros meses de 2015, verificou-se que ocorreu uma diminuição média do volume na rede de 13,9 m<sup>3</sup>/h entre os dois anos, fruto de um controlo ativo de perdas. Esta medida adotada por parte da empresa, trouxe benefícios de cerca de 126 €/dia.

Através da análise detalhada das reparações das roturas detetadas à superfície, foi possível concluir-se que uma reparação rápida e com qualidade é vantajosa tanto a nível económico como ambiental. O custo total de água perdida foi de cerca de 443 € e o tempo de retorno do investimento realizado para a reparação foi de cerca de 4 dias.

Sabendo os fatores que afetam as perdas reais, foram abordados os seguintes: elevadas pressões na rede, densidade dos ramais e frequência de fugas e roturas. Concluiu-se que a pressão mínima admissível por lei na zona é de 260 kPa e a máxima é de 600 kPa e a pressão média verificada na rede é de cerca de 300 kPa. Foram ainda escolhidas quatro zonas que poderão ser mais susceptíveis à ocorrência de perdas, tendo em consideração a densidade de ramais e a frequência de roturas registadas.

Por fim, a partir das informações disponíveis e através dos resultados obtidos, concluiu-se que as medidas a serem tomadas são o CAP e a rapidez e qualidade das reparações, sendo na ZMC 1 onde é mais necessária uma tomada de medidas.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para além do que foi estudado ao longo deste trabalho, outros estudos poderão ser realizados nesta zona, pelo que se deixam aqui algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Como se pôde verificar ao longo deste trabalho, não foi possível finalizar o estudo do CMN. Será necessária a instalação de *data loggers* durante um mês nos sete grandes consumidores e nos consumidores industriais/comerciais/agrícolas que tenham uma atividade noturna. Este trabalho poderá demorar no máximo cerca de dois meses, nomeadamente um só para a leitura de dados e posteriormente mais duas semanas, aproximadamente, para a análise destes por parte de um técnico especializado;
- Recomenda-se um varrimento anual da zona de distribuição com equipamentos CAP. Estima-se, através de trabalhos semelhantes realizados na empresa, que este trabalho tenha a duração de 1 mês;
- Sugere-se ainda que se realize uma simulação hidráulica na rede na hora de maior e de menor consumo, de forma a verificar se os valores da pressão recomendados por lei são ultrapassados. Os custos associados a esta simulação são mínimos, uma vez que é possível adquirir simuladores hidráulicos gratuitamente;
- No final deste ano, deve-se quantificar novamente as perdas de água em ambas as ZMC e determinar os ID de ambas as zonas, de forma a serem obtidos valores mais fiáveis. Caso seja rentável a tomada de medidas, devem-se verificar as válvulas de fronteira com o objetivo de se analisar se estão bem fechadas, localizar e detetar fugas e realizar uma reparação rápida e com qualidade das avarias. Na figura seguinte, é possível observar de forma esquemática estes passos descritos:

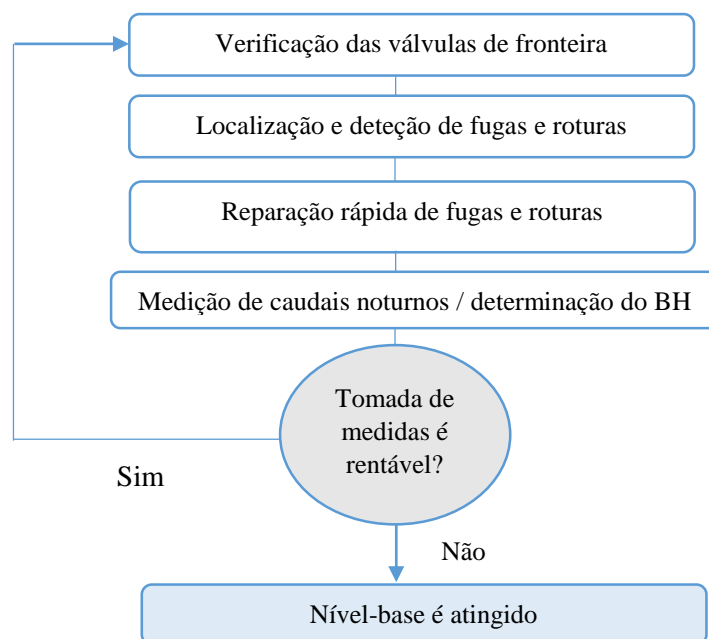


Figura 6. 1- Procura do nível-base de perdas (Alegre,et al., 2005)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águas e Parque Biológico de Gaia. (2015). Obtido de <http://www.aguasgaia.eu>
- Águas e Parque Biológico de Gaia, E. S. (2014). *Relatório e Contas 2014*. Vila Nova de Gaia.
- Alegre, H., Coelho, S., Almeida, M. C., & Vieira, P. (2005). *Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição*. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR).
- Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M., & Parena, R. (2000). *Performance indicators for water supply services*. IWA Publishing.
- Álvares, A., Loureiro, D., & Coelho, S. (2007). *Aplicação de Sistemas de Telemetria Domiciliária em Sistema de Distribuição de Água. Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água*. Barcelos.
- Apambiente. (2014). *PENSAAR 2020 - Uma Estratégia ao Serviço da População: Serviços de Qualidade a um Preço Sustentável*. Obtido de <http://www.apambiente.pt/ajaxpages/destaque.php?id=461>, acedido a 23 de Abril de 2015
- Baptista, F. (2011). *Sistemas de Abastecimento de Água Fria*. Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa.
- Baptista, J. M. (2014). *Série de Estudos 3 - Uma abordagem regulatória integrada (ARIT-ERSAR) para os serviços de águas e resíduos*. Lisboa: Publicações ERSAR.
- Carvalho, H. R. (2014). *Redução de Perdas Reais de Água em Sistemas de Abastecimento de Água - Definição de critérios para delimitação de zonas de medição e controlo*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto. (1995). *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Águas e de Drenagem de Águas*.
- Diário da República, 1. S. (1987). *Portaria 331/87, de 23 de Abril*.
- Diário da República, 2. s.-N.-2. (2015). *Águas e Parque Biológico de Gaia, E.E.M - Aviso n.º 23/2015 - Tarifário Mensal de Água de 2015*.
- Drumond, J. F. (2013). *Avaliação de Perdas nos Sistemas de Distribuição de Água: Análise e aplicação aos sistemas da EPAL em Lisboa e da IGA na Ilha do Porto Santo*. Madeira: Mestrado em Engenharia Civil, Universidade da Madeira.
- Energia, M. d. (2014). *Reestruturação do Sector das Águas. Ciclo Urbano. Coesão, Sustentabilidade, Eficiência e Investimento ao Serviço das Populações*. Obtido de <http://www.atam.pt/novidades/documentos/category/42-novidades?download=1479:reestruturacao-do-setor-das-aguas-apresentacao>, acedido a 26 de Abril de 2015
- ERSAR. (2014). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal 2014 (RASARP), Volume 4*. Lisboa: Publicações ERSAR.

ERSAR. (2015). Obtido de <http://www.ersar.pt>

Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z. B., Istandar, A., & Singh, S. (2008). *The Manager's Non-Revenue Water Handbook - A Guide to Understanding Water Losses*. Niels van Dijk; Vivian Raksakulthai; Elizabeth Kirkwood.

Gomes, R. d. (2011). *Modelação Matemática como Ferramenta de Gestão e Exploração de Sistemas de Distribuição de Água*. Coimbra: Dissertação apresentada para a obtenção de Grau de Doutor em Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.

IWA. (2000). *Blue pages on losses from water supply systems*. Ed. A. Lambert e W. Hirner, International Water Association (edição eletrónica).

Lima, D. d. (2011). *Controlo de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água - Substituição de Conduitas Sem Abertura de Vala*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

LNEC. (2008). *NP EN 1610:2008 - Construção e ensaio de ramais de ligação e colectores de águas*. Instituto Português da Qualidade.

LNEC. (2015). *Fórum iPerdas: Custos de referência de infraestruturas de abastecimento de água, de levantamento de cadastro e de implementação de ZMC*. Lisboa.

LNEC, & ERSAR. (2014). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores - 2.ª geração do sistema de avaliação*. ERSAR.

Malheiro, R. (2011). *Controlo de Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água com Utilização em Telecontagem*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Marques, J. A., & Sousa, J. J. (2011). *Hidráulica Urbana. Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.

Martins, J. P. (2014). *Management of Change in Water Companies. In Search of Sustainability and Excellence*. Londres: IWA Publishing.

Oliveira, F. (2013). *Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água. Otimização das pressões numa grande rede de distribuição de água - aplicação ao caso do Porto*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Pereira, M. (2012). *Implementação e Monitorização de uma Zona de Medição e Controlo no Sistema de Abastecimento de Matosinhos*. Porto: Dissertação de Mestrado de Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Quintela, A. d. (2011). *Hidráulica*. Lisboa: Fundação Caluste Gulbenkian.

Ramos, H., Covas, D., & Araujo, L. (2004). *Válvulas Redutoras de Pressão e Produção de Energia*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.

Sardinha, J., Serranito, F., Donnelly, A., V., M., P, S., Dias, N., Rocha, V. (2015). *Controlo Ativo de Perdas de Água*. Lisboa: EPAL Technical Editional.

Seixal, C. M. (2015). *Estrutura Tarifária de Abastecimento de 2015*.

- Sousa, E. (2011). *Sistemas de Abastecimento de Água*. Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa.
- Sousa, E. R. (2003). *Telegestão em Sistemas de Abastecimento de Água*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Tsitsifi, S., & Kanakoudis, V. (2007). *Performance indicators implemented in the city of Larissa water distribution network*. IWA Publishing.
- Vicentini, L. P. (2012). *Componentes do Balanço Hídrico para Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.



# **ANEXOS**





## Anexo A – Tabela com os valores do CMN de 2015

Mês	Dia		CMN [m³/h]	Tempo [h]	Mês	Dia		CMN [m³/h]	Tempo [h]	Mês	Dia		CMN [m³/h]	Tempo [h]
Janeiro	1	Qui	20	5	Fevereiro	1	Dom.	14	5 e 6	Março	1	Dom.	13	6
	2	Sex.	15	5		2	Seg.	12	5		2	Seg.	12	4 e 5
	3	Sáb.	16	6		3	Ter.	13	4 e 5		3	Ter.	12	4
	4	Dom.	16	5 e 6		4	Qua.	13	4 e 5		4	Qua.	13	4
	5	Seg.	14	5		5	Qui.	14	4 e 5		5	Qui.	13	4 e 5
	6	Ter.	15	5		6	Sex.	14	5		6	Sex.	12	4 e 5
	7	Qua.	15	5		7	Sáb.	16	4, 5 e 6		7	Sáb.	12	5
	8	Qui.	15	5		8	Dom.	14	5		8	Dom.	14	5 e 6
	9	Sex.	16	5		9	Seg.	13	4 e 5		9	Seg.	12	5
	10	Sáb.	15	6		10	Ter.	13	5		10	Ter.	23	5
	11	Dom.	16	5 e 6		11	Qua.	13	4 e 5		11	Qua.	11	5
	12	Seg.	15	5		12	Qui.	13	4		12	Qui.	12	4 e 5
	13	Ter.	16	4 e 5		13	Sex.	12	4		13	Sex.	12	4
	14	Qua.	15	4 e 5		14	Sáb.	13	5		14	Sáb.	12	5
	15	Qui.	15	5		15	Dom.	14	5 e 6		15	Dom.	13	5
	16	Sex.	16	5		16	Seg.	13	4 e 5		16	Seg.	14	5
	17	Sáb.	17	4, 5 e 6		17	Ter.	14	5 e 6		17	Ter.	12	4 e 5
	18	Dom.	16	5 e 6		18	Qua.	12	5		18	Qua.	13	4 e 5
	19	Seg.	17	4 e 5		19	Qui.	13	4 e 5		19	Qui.	12	5
	20	Ter.	15	5		20	Sex.	13	5		20	Sex.	13	5
	21	Qua.	13	5		21	Sáb.	14	4, 5 e 6		21	Sáb.	16	4 e 5
	22	Qui.	13	5		22	Dom.	15	5		22	Dom.	13	5
	23	Sex.	14	4, 5 e 6		23	Seg.	16	4 e 5		23	Seg.	17	4 e 5
	24	Sáb.	17	5 e 6		24	Ter.	14	4 e 5		24	Ter.	16	4 e 5
	25	Dom.	16	5 e 6		25	Qua.	13	3 e 4		25	Qua.	16	4 e 5
	26	Seg.	13	4		26	Qui.	13	4 e 5		26	Qui.	16	5
	27	Ter.	13	5		27	Sex.	13	5		27	Sex.	16	5
	28	Qua.	13	4		28	Sáb.	13	5		28	Sáb.	17	5
	29	Qui.	13	4							29	Dom.	18	5
	30	Sex.	13	4 e 5							30	Seg.	16	4
	31	Sáb.	13	4							31	Ter.	16	5



## **Anexo B – Fatores horários multiplicativos associados ao caudal distribuído pela ZMC 2**

<b>Hora</b>	<b>FH</b>
<b>1</b>	0,6
<b>2</b>	0,4
<b>3</b>	0,4
<b>4</b>	0,3
<b>5</b>	0,3
<b>6</b>	0,3
<b>7</b>	0,5
<b>8</b>	1,1
<b>9</b>	1,1
<b>10</b>	1,2
<b>11</b>	1,3
<b>12</b>	1,4
<b>13</b>	1,4
<b>14</b>	1,4
<b>15</b>	1,3
<b>16</b>	1,1
<b>17</b>	1,1
<b>18</b>	1,1
<b>19</b>	1,2
<b>20</b>	1,4
<b>21</b>	1,6
<b>22</b>	1,4
<b>23</b>	1,1
<b>24</b>	0,8





